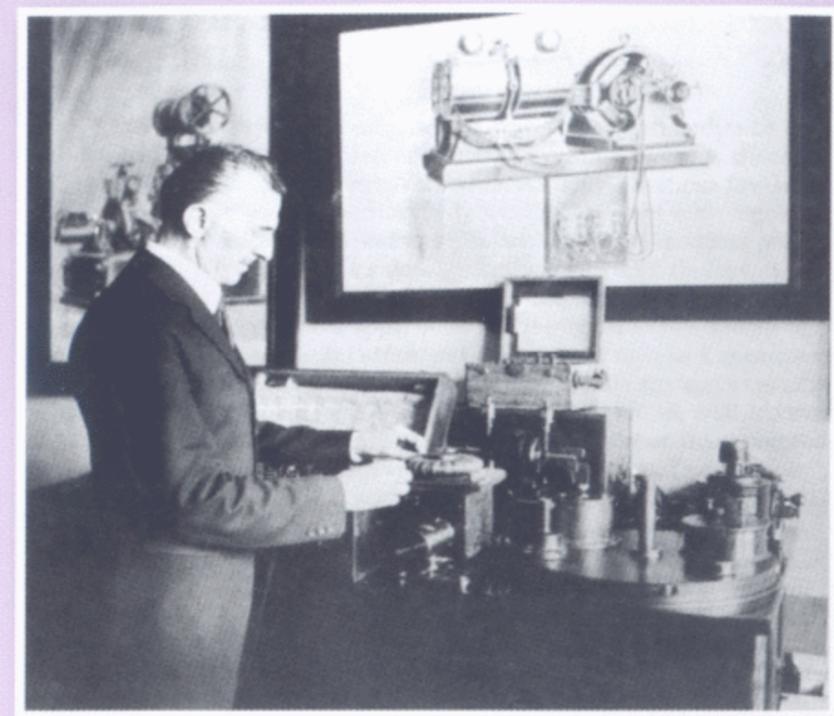


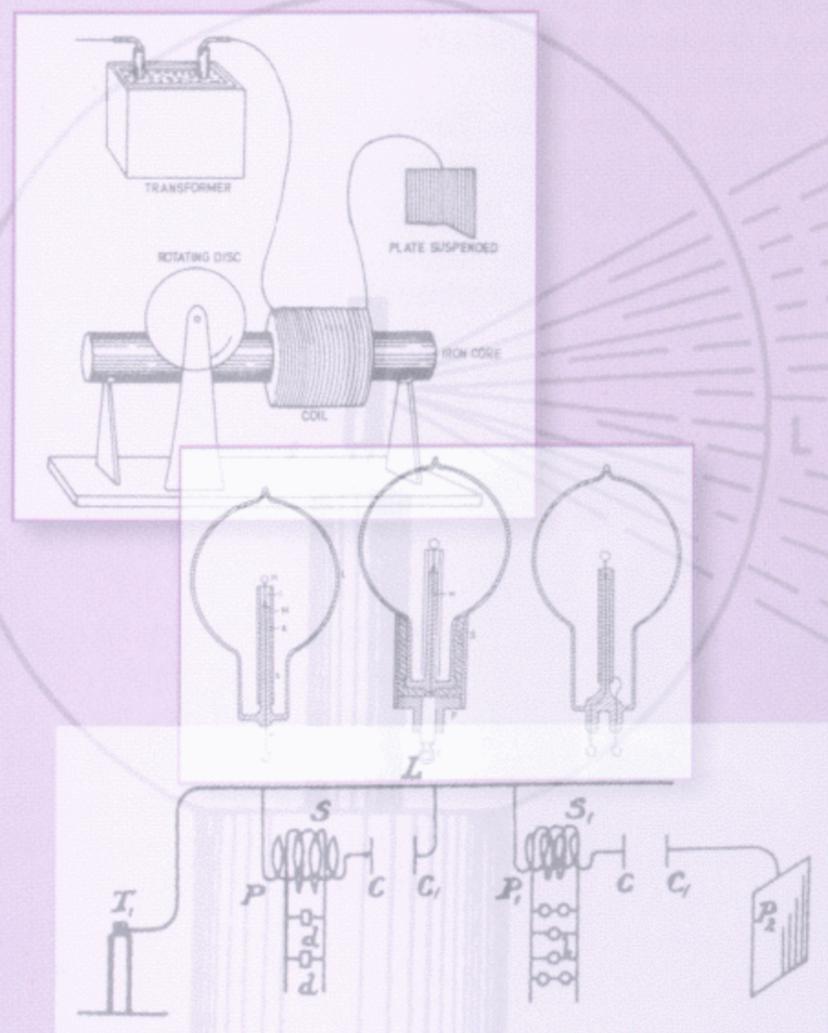
НИКОЛА ТЕСЛА

КОЛОРАДО-СПРИНГС
ДНЕВНИКИ
1899–1900

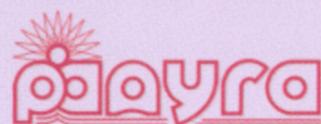




«Я больше не буду работать на настоящем, я работаю на будущее, – сказал Тесла, выступая перед журналистами Нью-Йорка более семидесяти лет тому назад. – За мной будущее!»



Книги и альбомы издательства можно приобрести в сети фирменных магазинов ООО «Издательский дом «Агни»



Самара

ул. Мичурина, 23, КВЦ «Радуга»,
тел. (846) 270-32-89, доб. 222;
ул. Арцыбушевская, 167,
магазин-салон «Радуга»,
тел. (846) 337-69-11

Ульяновск

ул. Ленина, 71, КВЦ «Радуга»,
тел.: (8422) 42-08-67, 41-16-05;
пр-т Тюленева, 24, ВЗ «Радуга»,
тел. (8422) 21-57-03

Чебоксары

ул. Эльменя, 4а, КВЦ «Радуга»,
тел.: (8352) 34-37-37, 31-50-50

Саратов

ул. Большая Казачья, 113, ВЗ «Радуга»,
тел.: (8452) 26-21-77, 49-17-20

Димитровград

ул. Западная, 13, ВЗ «Радуга»,
тел. (84235) 5-22-45



Отдел оптовых продаж:
443110, г. Самара, ул. Мичурина, 23
тел.: (846) 270-23-87, 279-07-06
факс (846) 270-23-77
e-mail: book@agniart.ru
www.agni.com.ru

Интернет-магазин:
www.agniart.ru

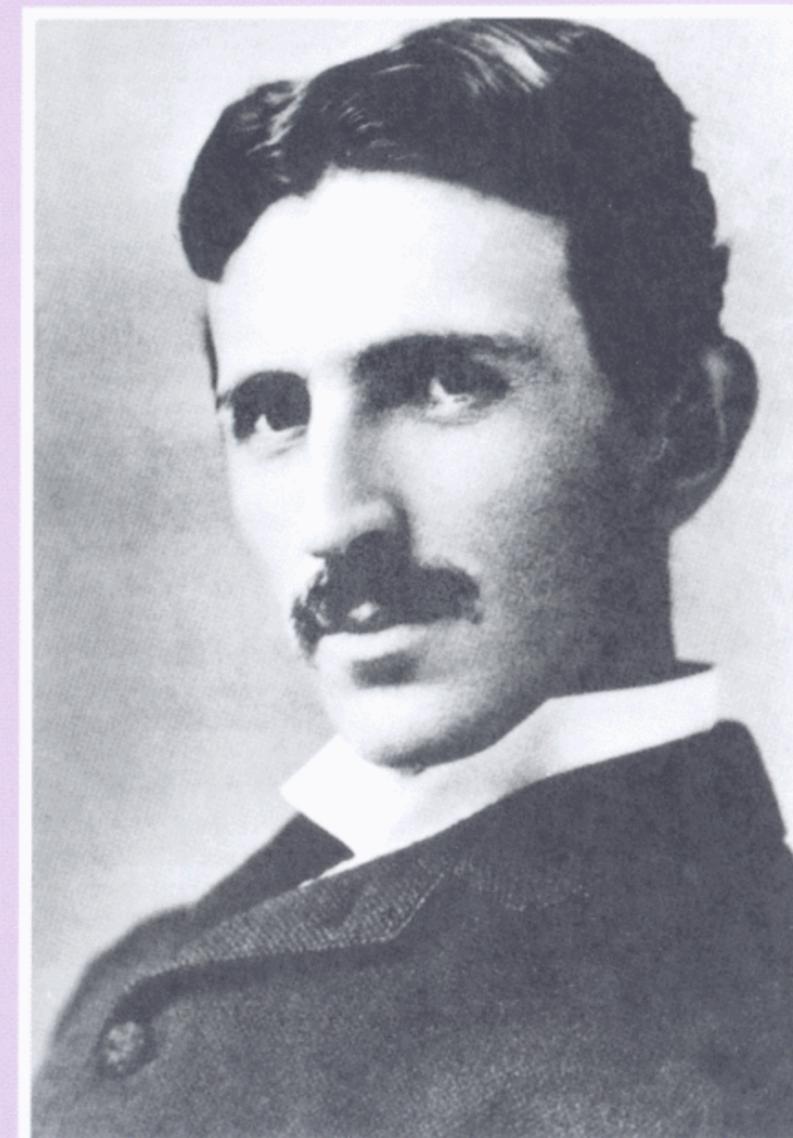
Книга – почтой:
443110, Россия, г. Самара, а/я 9684



Издательский дом «Агни»

ПРЕДСТАВЛЯЕТ

СЕРИЮ КНИГ – ПЕРВЫЙ ПЕРЕВОД
С АНГЛИЙСКОГО –
НИКОЛА ТЕСЛА. «СТАТЬИ», «ЛЕКЦИИ»,
«ДНЕВНИКИ. КОЛОРАДО-СПРИНГС»,
ПАТЕНТЫ



НИКОЛА
ТЕСЛА



Даже в плееде величайших умов человечества, прославивших XIX и XX столетия, талант и результаты работ Теслы поражают воображение. Его современники – великие физики, электротехники и изобретатели Уильям Томсон (лорд Кельвин), Оливер Хевисайд, Уильям Крукс, Александер Белл, Джорж Вестингауз, Томас Эдисон, Альберт Эйнштейн – чрезвычайно высоко ценили его работы.

Создав систему многофазных токов, он положил начало сегодняшней электроэнергетике. Шагающие по континентам опоры высоковольтных передач – бесчисленные памятники Тесле. Он дал нам первых роботов, разработал принципиальные элементы радиотехники, телеуправления, радара, изобрел неоновые и другие газосветные устройства, вывел из лаборатории в практику высокочастотные токи, пытаясь с их помощью заставить светиться саму атмосферу, само ночное небо...

И тем интереснее знакомство с трудами, которые опубликованы им при жизни. Большая часть статей, составивших сборник, была напечатана в разных газетах и журналах США, где Тесла прожил много лет. Вошедшие в сборник автобиографические статьи Николы Теслы позволяют ближе познакомиться с этой уникальной личностью.

Интерес вызывают и его философские взгляды, ныне практически забытые. Научные и популярные статьи, в которых Тесла раскрывает свои взгляды на мироустройство, занимают в представленном сборнике значительное место. Они открывают читателю новые, неожиданные грани гения Теслы, почти сто лет назад не только обозначившего проблемы, которые остро волнуют человечество сегодня, в начале XXI века, но и предложившего пути их решения. Ученый прекрасно понимал, какие последствия для человечества, для будущего всей планеты могут иметь многие научные открытия при безответственном их использовании, и потому во многих статьях ставит вопрос об этической составляющей в науке.

посвящена изобретенному им индуктивному электродвигателю, в основу работы которого положено вращающееся магнитное поле, генерируемое переменным током, который был намного совершеннее и проще известных тогда двигателей постоянного тока. Он совершил настоящую техническую революцию, и с тех пор по сегодняшний день используется в качестве основной, а зачастую и единственно доступной силы, приводящей в движение станки на заводах и фабриках, транспортные средства и бытовые механизмы во всем мире.

Готовится к изданию

**Никола Тесла. Т. 3.
Дневники. Колорадо-Спрингс. 1899–1900 годы.
Патенты**

Книга представляет собой рабочий дневник, в котором содержится исчерпывающее описание научных исследований в период с 1 июня 1899-го по 7 ноября 1900 года. Тесла тщательно регистрировал все данные экспериментов, возможно, опасаясь, что лаборатория может сгореть в результате работы с мощными электрическими разрядами.

Судя по записям, Тесла много времени посвящал передающему и приемному устройствам, производил измерения электромагнитного излучения электроразрядов в природе, изложил свою теорию образования шаровых молний и мог создавать их искусственным путем...

Дневники Николы Теслы вышли в свет в 1976

году на сербском языке в честь 120-й годовщины со дня его рождения и вызвали живой интерес у общественности. В 1978 году, переработанные и дополненные, они были изданы на английском языке также в Белграде. Эта книга – первый перевод дневников на русский язык с английского.

Вторая часть книги содержит список патентов Николы Теслы.

Никола Тесла. Т. 1. Статьи

2008. – 584 с.: ч/б ил., переплет, 17,0 x 24,0 см, рус.

Впервые на русском языке вышла книга статей Николы Теслы – известного изобретателя в области электро- и радиотехники, но вместе с тем, пожалуй, самого загадочного ученого конца XIX – начала XX века. Гений, опередивший время, чьи открытия сыграли огромную роль в развитии электротехники, не оставил богатого письменного насле-

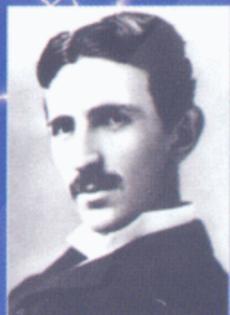
Никола Тесла. Т. 2. Лекции

2008. – 312 с.: ч/б ил., переплет, 17,0 x 24,0 см, рус.

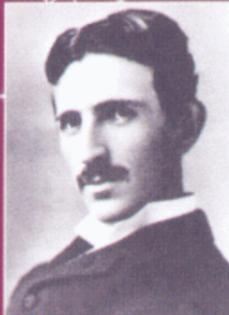
Настоящая книга познакомит читателя с лекциями Николы Теслы, в которых он представил новые, никому неизвестные результаты своей научной работы и экспериментальных исследований. Его выступления производили ошеломляющий эффект на слушателей, — а ими были всемирно известные ученые и инженеры, поскольку Тесла выступал в особо авторитетных научных и профессиональных учреждениях Америки, Англии и Франции.

Лекции были прочитаны им между 1888 и 1897 годами, в возрасте от 32 до 41 года – период его наиболее интенсивной и плодотворной деятельности.

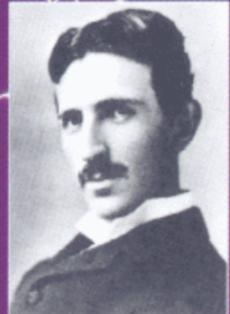
Первая лекция, с которой Тесла выступил 16 мая 1888 года в Американском институте инженеров в Нью-Йорке,



**НИКОЛА
ТЕСЛА**
СТАТЬИ



**НИКОЛА
ТЕСЛА**
ЛЕКЦИИ



**НИКОЛА
ТЕСЛА**
ДНЕВНИКИ. КОЛОРАДО-СПРИНГС.
1899–1900 ГОДЫ
ПАТЕНТЫ

Издательство выражает признательность
директору Музея Н.Теслы в Белграде Марии Сесич
за активное участие и содействие в издании этой книги

Ответственный редактор *Г.Л. Бажуков*

Научные редакторы
доктор философских наук, профессор *Велимир Абрамович*
кандидат технических наук *В.Д. Привалов*
Перевод *Л.Б. Бабушкиной*

Тесла Н.

Т36 Колорадо-Спрингс. Дневники. 1899–1900 — Самара: Издательский дом
«Агни», 2008. — 460 с.: ил.

ISBN 978-5-89850-100-6

Книга представляет собой рабочий дневник Николы Теслы, в котором содержится исчерпывающее описание научных исследований в период с 1 июня 1899 по 7 января 1900 года. Автор тщательно регистрировал все данные экспериментов, возможно, опасаясь, что лаборатория может сгореть в результате работы с мощными электрическими разрядами.

Судя по записям, ученый много времени посвятил передающему и приемному устройствам, производил измерения электромагнитного излучения электроразрядов в природе, изложил собственную теорию образования шаровых молний и мог создавать их на своих установках. С июня 1899 по июль 1900 года Тесла подал заявки на 7 патентов и опубликовал статью «Проблема увеличения энергии человечества», явившуюся конгломератом идей, взглядов и выводов, сформировавшихся после работы в Колорадо.

Дневники Николы Теслы на сербском языке увидели свет в 1976 году — к 120-й годовщине со дня его рождения и вызвали живой интерес у общественности. В 1978 году, переработанные и дополненные, они были изданы на английском языке также в Белграде. Эта книга — первый перевод Дневников на русский язык с английского.

ББК 20г



Никола Тесла

ОТ ИЗДАТЕЛЯ

Выход в свет в Белграде Дневников в 1976 году в ознаменование 120-й годовщины со дня рождения Теслы вызвал у широкой читательской аудитории глубокий интерес к научной, исследовательской деятельности и необыкновенной жизни ученого. То первое издание на сербском языке было распродано в короткий срок. В течение следующих двух лет книга была доработана и подготовлена к печати на английском языке (Никола Тесла. *Колорадо-Спрингс. Дневники. 1899–1900.* Nolit, Belgrade, 1978).

Никола Тесла писал Дневники не для публики, скорее, для себя, чтобы определять направления своих исследований. Поэтому в процессе работы над рукописью потребовалось участие ряда экспертов. Корач, директор Музея Теслы, с момента его создания в 1952 году и до 1982 года, выступил с инициативой сделать перевод англоязычной рукописи Теслы и подготовить его для публикации. Музей выражает особую признательность за участие в этом проекте Павле Савичу, в то время президенту Сербской академии наук, Войину Поповичу, профессору Белградского университета, переводчикам и многочисленным научным сотрудникам.

Принимая во внимание тот факт, что рукопись Теслы не была опубликована при его жизни и содержит довольно много описаний экспериментов, его записи предваряет пространное предисловие, в которое вошли новые сведения о прибытии Теслы в Колорадо-Спрингс и его пребывании там, а также самые последние отклики, которые вызвала его научно-исследовательская работа.

Эксперименты Теслы того времени продолжают вызывать в научных кругах широкий интерес. В США были изготовлены два больших трансформатора Теслы, аналогичные описанному в Дневниках, начаты и другие работы, стимулом послужили исследования явлений шаровой молнии и другие феномены. Была опубликована и современная трактовка преобразователя Теслы с «дополнительной катушкой», имя Теслы появилось в различных средствах информации в связи с новейшими исследованиями в области передачи электромагнитных волн сверхнизких частот, где говорилось, что в их основе лежат работы Теслы в Колорадо-Спрингс.

Исследовательская работа Теслы в области радио неожиданно прервалась в начале века не из-за недостатка идей или отставания в разработке новых технологий, но, скорее, вследствие способа финансирования работ, когда Тесла прибегнул к помощи учредителей, которые, как оказалось, не

проявили интереса к его замечательной идее беспроводной передачи энергии «в количествах, значимых не только для передачи слабых сигналов». Дневники Теслы раскрывают его непостижимое и необыкновенное творческое воображение или, цитируя В. Корача, «...эти Дневники высвечивают то, что отличает Теслу от всех других исследователей: его созидательный дух, столь часто сбивающий с толку, изумляющий или вызывающий протест у многих современников, даже у отдельных наиболее компетентных специалистов, которые, по-видимому, считают, что некоторые идеи Теслы могли бы относиться к сфере несбыточных иллюзий, чем к признанным научным направлениям. В этом Тесла разделит участь величайших и прозорливейших исследователей».

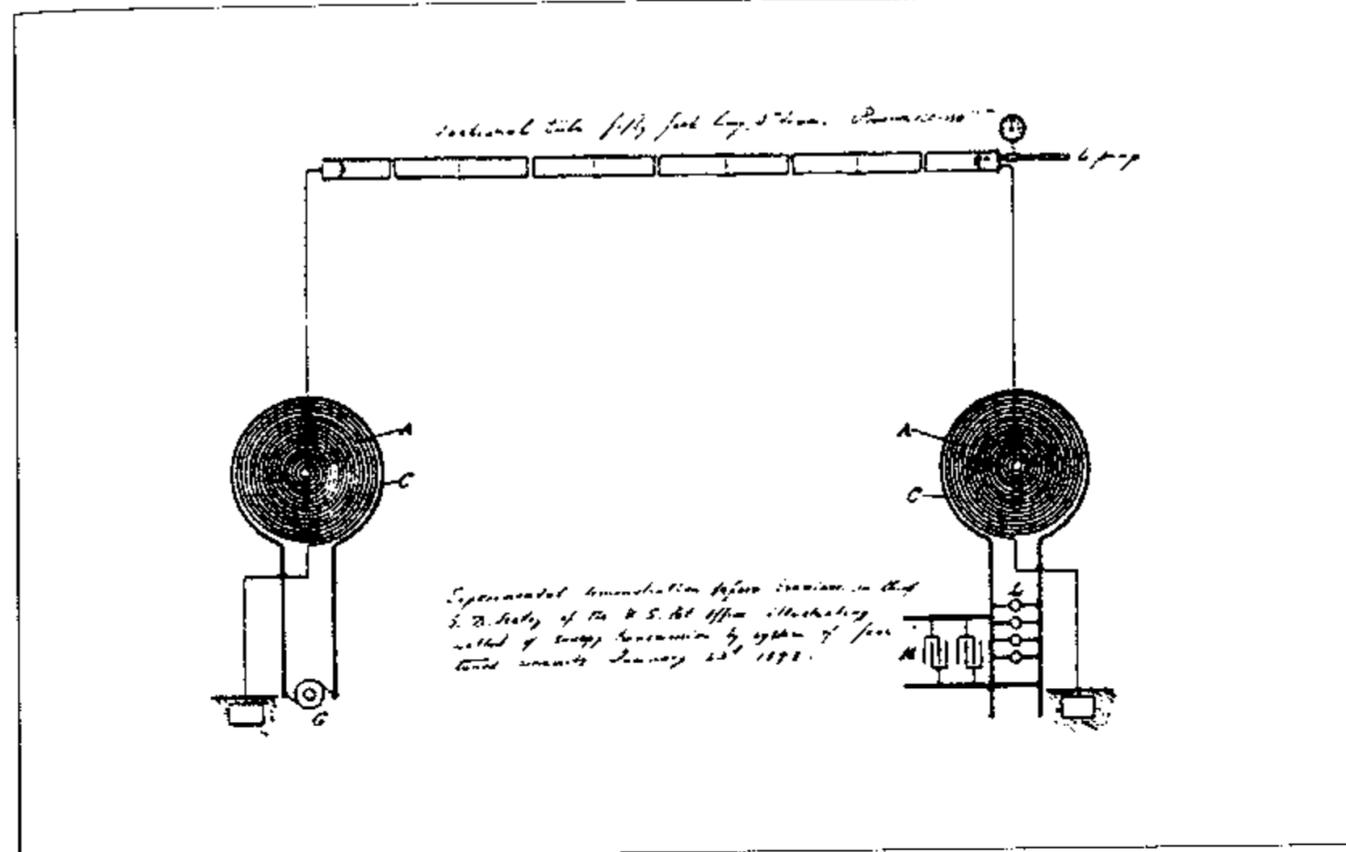
Подготовив к изданию Дневники, Музей Николы Теслы продолжил традицию опубликования материалов своего богатого архива, охватывающих чрезвычайно важный период в научно-исследовательской работе ученого, когда он закладывал основы радиотехники. Как подтверждают многочисленные факты, вплоть до настоящего времени понимание и признание идей Теслы и методов решения проблем отставали от темпов их реализации; зачастую случалось так, что его оригинальные идеи находили признание лишь в период их повторного открытия, в той или иной степени непредумышленно связанного с ранее написанным или запатентованным Теслой. Мы надеемся, что настоящее издание Дневников послужит новым стимулом для дальнейшего изучения вдохновенных идей и фундаментальных работ Николы Теслы.

ПРЕДИСЛОВИЕ

1898 год стал кульминационным в творческом порыве Николая Теслы в исследовании токов высокой частоты. Первые же шаги, в сущности первого в мире исследователя в этой области – с момента зарождения отправных концепций в 1890 году, – позволили Тесле, создать шедевры, в ряде случаев непревзойденные и поныне. Даже утрата лаборатории на Пятой авеню в 1895 году не остановила его исследовательское рвение надолго; несмотря на тяжесть потери, он вскоре продолжил работу в новой лаборатории на Хьюстон-стрит в Нью-Йорке и с не меньшей энергией устанавливал дотоле неизвестные закономерности и на их принципиальной основе создавал всё более сложные устройства.

Созданная Теслой многофазная система переменных токов решила проблему эффективной передачи и использования электрической энергии. Начав экспериментировать с токами высокой частоты, Тесла почти сразу же предсказал их огромные возможности в беспроводной передаче «энергии или сигналов». Оттолкнувшись от идеи, зародившейся у него в период между 1891 и 1893 годами, Тесла так быстро продвигался вперед, что в 1897 году подал заявку на два патента: принцип беспроводной передачи электрической энергии и на оборудование для этого. Несколько ранее, на торжествах по случаю сдачи в эксплуатацию гидроэлектростанции на Ниагаре, в тот период, когда мир осваивал применение многофазной системы, что дало возможность впервые в истории осуществлять передачу электрической энергии на расстояние, Тесла сказал следующее: «Прогресс в этой области (т.е. в передаче энергии) вселяет в меня надежду на то, что я еще смогу увидеть воплощение моей заветной мечты: передачи энергии от станции к станции без применения каких бы то ни было проводов».

Верный своему принципу проверки теории экспериментальным путем, Тесла строил в своих лабораториях мощные генераторы токов высокой частоты и занимался их изучением, используя при этом метод беспроводной передачи энергии и предназначенное для этого оборудование. Среди документов, хранящихся в Музее Николая Теслы в Белграде, была обнаружена фотография с подлинного негатива Теслы, подтверждающая, что эксперимент, описанный в его патенте «Метод передачи электрической энергии», был действительно проведен, более того, в присутствии главного инспектора Патентного бюро. Для перепроверки способа беспроводной передачи энергии «с использованием электропроводимости Земли и атмосферных слоев» в глобальном масштабе Тесле требовались высокое напряжение и более обширное пространство (в



Ил. 1. Схема устройства, осуществляющего передачу электрической энергии через разреженный газ (подлинный диапозитив Теслы из Музея Николая Теслы в Белграде). Демонстрация опыта в присутствии главного эксперта (фамилия – неразборчиво) из Патентного ведомства США с целью иллюстрации метода передачи энергии с помощью системы четырех резонансных контуров. 23 января 1898 года

своей лаборатории на Хьюстон-стрит он получал напряжение от 2 до 4 МВ с помощью трансформатора с катушкой диаметром 244 см), поэтому в конце 1898 года он начал подыскивать подходящее место для новой лаборатории. В середине 1899 года Тесла остановил свой выбор на плато на высоте около 2000 метров вблизи Колорадо-Спрингс, где построил деревянный ангар, достаточно большой, чтобы в нем поместились высокочастотный трансформатор с катушкой диаметром 15 м.

Прибытие Николая Теслы в Колорадо-Спрингс было отмечено в местной газете «Evening Telegraph» за 17 мая 1899 года сообщением, озаглавленным «Никола Тесла «позвонит» во Францию». Подзаголовок информировал читателей о том, что «в полдень в город прибыл гений в области электричества для исследования проблем, связанных с беспроводным телеграфом и ролью верхних слоев атмосферы». В заявлении, сделанном по прибытии в отель «Alta Vista», он сообщил корреспонденту газеты, что «намеревается посылать сообщения из Пайкс-Пик в Париж». Он разместил свой офис в отеле, где и ожидал прибытия двух ассистентов с большим количеством разнообразного

оборудования. Тесле был оказан радушный прием в лице его давнишнего друга Леонарда Куртиса из адвокатской фирмы «Холл, Престон и Баббитт», ранее работавшего в фирме «Карр, Куртис и Пейдж» в качестве поверенного в делах Теслы во время пребывания последнего в Нью-Йорке. В тот период Нью-Йоркское отделение фирмы Куртиса представляло интересы Теслы во всех важных судебных процессах, связанных с получением патентов.

2 июня 1899 года «Evening Telegraph» вновь поместила краткое сообщение о работе Николы Теслы, озаглавив его: «Станция Теслы в полной готовности». К этому времени Тесла завершил строительство деревянного ангара площадью примерно 50 на 60 футов, около 18 футов высотой, с двумя окнами и большой дверью. По-видимому, Тесла сам был главным «архитектором», и его уверенность в том, что ураганы не нанесут вреда этому сооружению, вызвала у газетного репортера комментарий следующего содержания: «Господин Тесла – великий ученый, но слабый архитектор». Как бы то ни было, но ураганы никогда не чинили препятствий работе Теслы, а ангар простоял еще пять лет после его отъезда.

В конце июля Тесла уже проводил различные эксперименты в обстановке полной секретности, не допуская в лабораторию никого, кроме своих помощников. Он сообщил корреспонденту газеты «Evening Telegraph», «что не будет заниматься беспроводным телеграфом, потому что уже достаточно над этим поработал». Он проводил опыты главным образом ночью вследствие доступности электрической энергии, которую получал от городской электрической компании. 7 октября городская газета опять опубликовала интервью с Теслой, где говорилось о том, что он разработал новый метод в телеграфии, который, в отличие от любого иного (включая и метод Маркони), исключает какие бы то ни было помехи и перехваты сообщений. Новый принцип действия телеграфа описан в его Дневнике за 27 июня 1899 года. Прозвучавшее в беседе с корреспондентом и вызвавшее интерес сообщение о том, «что он собирается разработать установку, позволяющую передавать от 1500 до 2000 слов в минуту» совсем не упоминается в его Дневнике. На вопрос об эксперименте Маркони Тесла ответил: «У меня нет времени заниматься этой проблемой, но я удовлетворен тем, что к ней проявляют интерес. Вам должно быть ясно, что в опытах Маркони нет ничего нового. Его эксперименты интересны, вот и всё. Я доволен тем, что его опыты, как сообщают, проходят успешно, но установка и все ее компоненты, о чем я ранее уже говорил, имеют один фатальный дефект – их нельзя использовать, если в радиусе 200 миль от источника работают мощные электродинамические приборы. При таких условиях никакой обмен сообщениями невозможен».

Судя по сообщениям в «Colorado Springs Gazette» за 30 октября 1903 года, Тесла намеревался посетить город, его лаборатория всё еще находилась там. 6 апреля 1904 года вышеупомянутая газета написала, что Тесле предъявлен иск об оплате счета за электричество за период с 1 июня 1903 года по 31

марта 1904 года, кроме того ему был также выслан счет за потребление воды. 2 июля 1904 года «Colorado Springs Gazette» сообщила, что лаборатория Теслы продана по стоимости деревянного строения. Приборы были вынесены и складированы, так что Тесла мог забрать их. Постройка была продана Мэддоксу. Таким образом, спустя пять лет лаборатория Теслы прекратила свое существование.

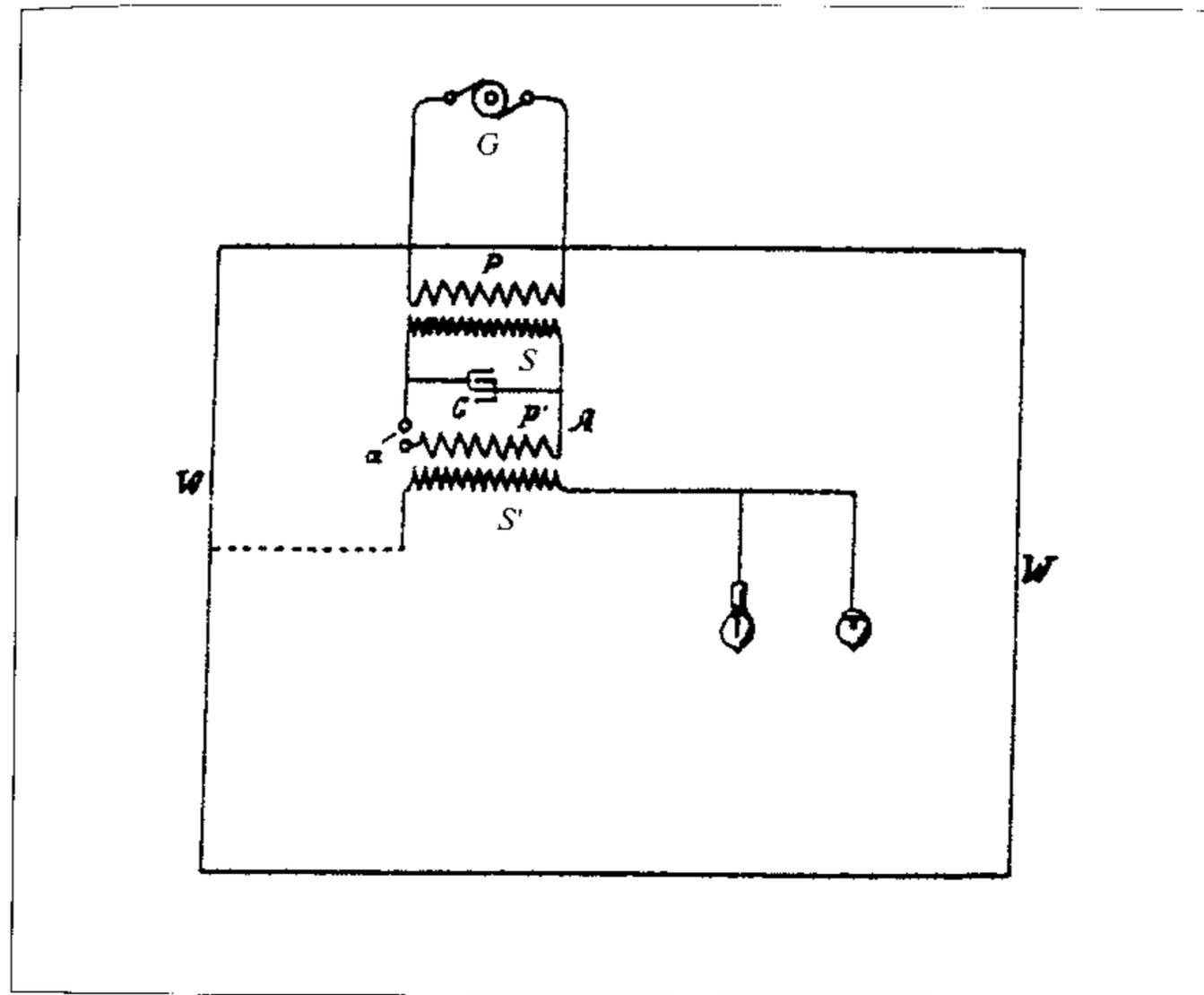
Как сообщалось в филаделфийском издании «Engineering Mechanics», Тесла прибыл в Колорадо-Спрингс 18 мая 1899 года, чтобы ускорить исследование в области беспроводного телеграфа и свойств высоких атмосферных слоев. В статье «Передача электрической энергии без проводов» в 1904 году Тесла сформулировал цели своего приезда в Колорадо-Спрингс следующим образом: 1) Проанализировать работу мощного генератора токов высокой частоты; 2) Разработать способ индивидуализации и изоляции передаваемой энергии; 3) Определить закономерности передачи токов через землю и атмосферу.

До приезда в Колорадо-Спрингс Тесла около 10 лет занимался исследованиями в области токов высокой частоты. По возвращении из Питсбурга, где он некоторое время работал консультантом в компании Вестингауза, во всех деталях продумал свою многофазную установку и приступил к строительству генератора переменных токов, токов более высокой частоты, чем применялись в производстве. В 1890 году он подал две патентные заявки на два типа генераторов, вырабатывающих ток с частотой, превышающей 10 килогерц. Один из патентов имел отношение к «беззвучному» дуговому разряду, но это было только начало нового применения переменных токов, вскоре получивших название «токов Теслы». В истории электротехники генераторы Теслы занимают особое место; они послужили прототипом генераторов, которые около четверти века спустя стали применяться как источники питания для мощных радиостанций, а позднее – для индукционного нагрева.

В самом начале своих исследований в области токов высокой частоты Тесла обнаружил их особые физиологические воздействия и указал на возможность применения в медицине. Он много работал над использованием высокочастотных токов для электрического освещения с помощью трубок различных форм и конструкций с разреженным газом. В течение 1891 года ученый публиковал результаты своих исследований в журналах, регистрировал их в патентах и изложил в своей знаменитой лекции, прочитанной для сотрудников Американского института инженеров в Колумбийском университете. Лекция, предназначенная для видных специалистов в области электротехники, а также впечатляющие эксперименты способствовали широкому признанию его идей и вскоре принесли ему мировую известность. Демонстрация Теслой свечения в трубках с разреженным газом, не присоединенных проводами ни к какому источнику питания, явилась самым первым опытом беспроводной передачи энергии и первым шагом на пути осуществления идеи, которой он

посвятил большую часть своей жизни. Мощное электрическое поле, в котором трубка с разреженным газом начинает ярко светиться, образуется между пластинами конденсатора, соединенного со вторичной обмоткой высокочастотного трансформатора. Первичная обмотка трансформатора соединена через конденсатор с генератором переменного тока *высокой частоты*. Режим работы всей установки был оптимальным, когда в первичной и вторичной обмотках трансформатора создавались условия для резонанса. Тесла применял резонансный трансформатор также и с искровым осциллятором и пришел, таким образом, к созданию устройства для простого и эффективного генерирования токов высокой частоты из постоянного или переменного низкочастотного тока. Искровой осциллятор сыграл чрезвычайно важную роль в развитии метода получения переменных токов высокой частоты. Это было устройство, которое, спустя лишь несколько лет, заняло свое место почти во всех физических лабораториях под названием «катушка Теслы».

Хронологически высокочастотный осциллятор Теслы с искровым разрядником и трансформатором без стального сердечника впервые был описан им в патенте № 454622 от 23 июня 1891 года под названием «Установка для электрического освещения» (на рассмотрение представлен 25 апреля 1891 года). Осциллятор преобразовывал низкочастотные токи в токи «высокой частоты и очень высокого напряжения» и применялся для подачи питания к однополюсным лампам (ил. 2). В цепь генератора входит сетевой трансформатор *PS*, подающий высокое напряжение для зарядки конденсатора. Когда напряжение в конденсаторе достигает величины напряжения пробоя воздушного слоя искрового разрядника *a*, конденсатор *C* разряжается через первичную обмотку высокочастотного трансформатора *P*. Колебательный контур *CP'* замыкается посредством искры, и возникают колебания. Явление разряда конденсатора в этом случае носит иной характер, чем разряд конденсатора через катушку с термогенным сопротивлением, исследованием которого занимался Генри* и который уже был известен во времена Теслы. В генераторе Теслы энергия высокочастотных колебаний первичной обмотки постепенно перетека-



Ил. 2. Установка для электрического освещения

ет на вторичную обмотку. Во вторичной цепи задействованы распределенная емкость вторичной обмотки и емкость проводов и объектов, подключенных к вторичной обмотке. Следовательно, вторичная обмотка является также колебательным контуром. По прохождении энергии от первичной цепи к вторичной остаточная энергия возвращается в первичную цепь и снова переходит во вторичную и т.д. до тех пор, пока энергия не уйдет в потери до такой степени, что искровые разряды в цепи первичной обмотки исчезнут. Тогда начнется новый цикл наполнения конденсатора *C* от источника питания *G* через сетевой трансформатор. В 1895 году Обербек представил теоретическое обоснование генератора Теслы, которое позволяет глубже понять процесс, происходящий в высокочастотном генераторе.

* В 1842 году Генри обратил внимание на необычное явление намагничивания железной иглы разрядом тока от лейденской банки. Позднее Гельмгольц объяснил это явление и пришел к выводу, что электричество, вероятно, переходит от одной к другой пластине конденсатора, пока не установится равновесие. Математическая формула разрядов от лейденской банки через катушку с учетом потерь была опубликована лордом Кельвином в 1853 году. Комментируя вывод, он установил, что разряд от лейденской банки будет генерировать колебания по формуле $\frac{1}{4C} > \left(\frac{R}{2L}\right)^2$ (*L*, *C* и *R* обозначают индуктивность, емкость и сопротивление цепи соответственно) с частотой, определяемой выражением $\omega = \sqrt{\frac{1}{4C} - \left(\frac{R}{2L}\right)^2}$. При условии малых потерь в цепи может быть применена упрощенная формула $\omega = \sqrt{\frac{1}{LC}}$, часто встре-

чающаяся в дневниковых записях, известная как выражение Томсона. Экспериментальное исследование природы колебаний искрового разряда конденсатора было впервые проведено Феддерсенем в 1858 году с помощью вращающегося отражателя.

В лекции, прочитанной в Английском электротехническом институте в феврале 1892 года, затем еще раз в Королевском научном обществе в Лондоне, а после этого в Париже, Тесла сообщил новые данные о своих искровых генераторах и о дальнейших исследованиях в области токов высокой частоты.

В этой лекции Тесла подробно описал конструкцию высокочастотного трансформатора без железного сердечника и указал на то, что электрическое напряжение вторичной обмотки нельзя определить, исходя из соотношения витков первичной и вторичной обмотки. Кроме того, увлеченно занимаясь проблемой искрового разрядника, он представил несколько предложений по их устройству (некоторые из них были позднее приписаны другим изобретателям). Описывая устройства, с помощью которых он проводил эксперименты в ходе упоминавшейся выше лекции, он предложил новые способы быстрого гашения искры посредством сильного магнитного поля, сжатого воздуха, последовательно соединенных искровых разрядников и единичного или последовательно соединенных разрядников — обычных или с вращающимися поверхностями.

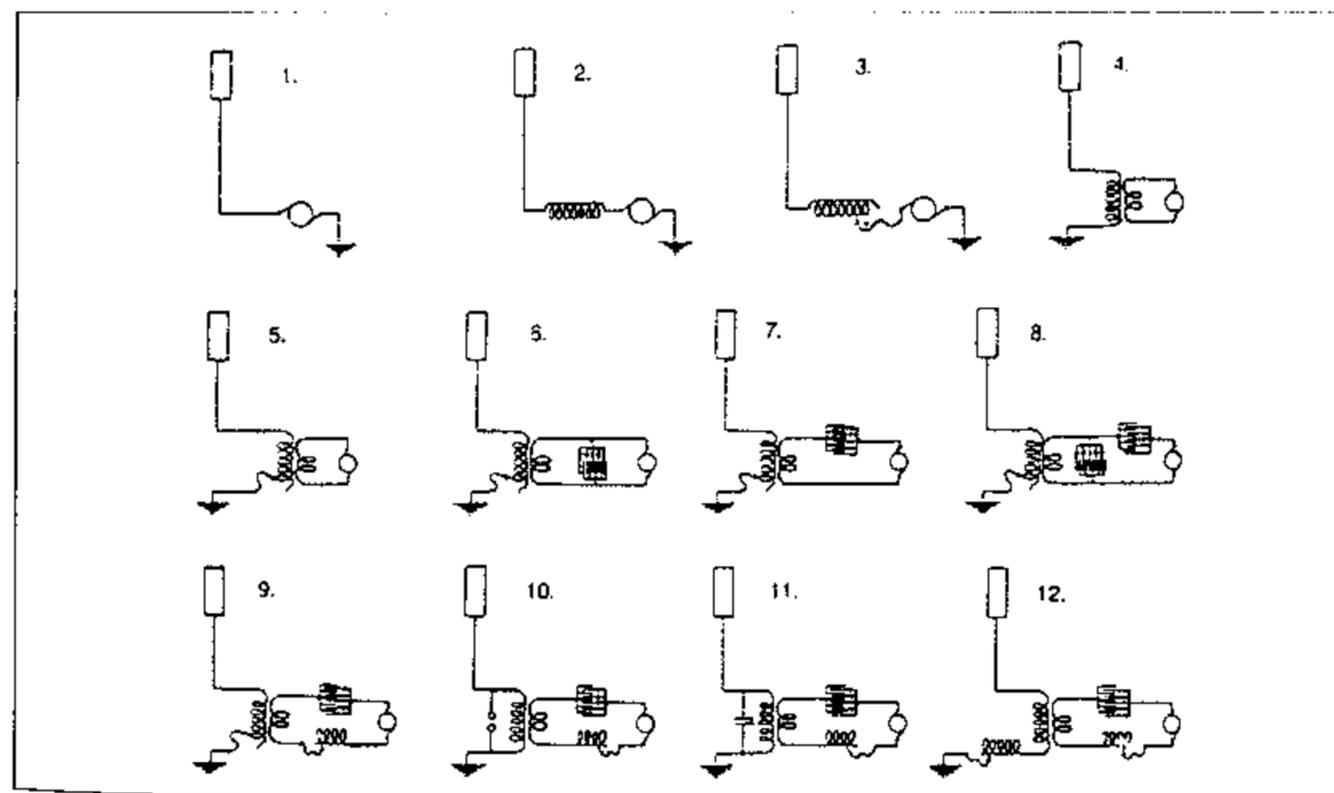
В лекции говорилось о том, каким образом следует регулировать емкость в первичном и вторичном контурах высокочастотного трансформатора для получения максимального эффекта, чему «в прошлом», как сказал Тесла, «уделялось недостаточное внимание». Тесла экспериментально подтвердил, что напряжение во вторичном контуре можно повысить путем увеличения емкости в такой степени, в какой она «компенсирует» индуктивность вторичного контура (резонансного трансформатора). Он представил несколько ламп с одним электродом, соединенным с вторичным контуром, дал описание своей знаменитой трубки с кистевым разрядом и высказался по поводу ее возможного применения в радиотелеграфии. Здесь же он убедительно пояснил, что токи высокой частоты с легкостью проходят сквозь разреженный до определенной степени газ и указал на возможность применения этой их способности для питания двигателей и ламп на значительном расстоянии от источника питания. В такой передающей системе роль высокочастотного резонансного трансформатора была бы весьма существенной.

Представленная на иллюстрации 3 схема относится к раннему периоду работы Теслы с токами высокой частоты. Копия отпечатана с подлинного диапозитива 1891–1892 годов, обнаруженного в архивах Музея Николы Теслы. В соответствии с заглавием, написанным Теслой, схема представляет собой иллюстрацию различных способов применения высокочастотного генератора переменного тока в первых экспериментах, проведенных в лаборатории на Гранд-стрит в 1891–1892 годах. Лишь некоторые из этих схем были опубликованы в печатных изданиях. Отсюда следует, что это важный документ, проливающий свет на плодотворный, но недостаточно известный период успешного воплощения изобретений Теслы. Его чертежи, к примеру, дают понять, что Тесла уже на начальном этапе вводил высокочастотный трансформатор в

разомкнутую цепь антенны. Тип подключения, представленный на иллюстрации 3 под номером 4, появляется позднее в двух патентах за 1897 год, представляющих установку Теслы и метод беспроводной передачи электрической энергии (искровой излучатель Теслы указывается в этих патентах в качестве альтернативы генератору токов высокой частоты).

В феврале 1893 года Тесла прочитал свою третью лекцию о токах высокой частоты в Институте Франклина в Филадельфии. Он повторно выступил с этой же лекцией в марте 1893 года перед Национальной ассоциацией электрического освещения в Сент-Луисе. Наиболее важной частью лекции было описание устройства «для передачи сигналов или, вероятно, даже энергии на любое расстояние без применения проводов». Эти выступления Теслы часто расценивались как основной план развития радиотехники, так как в них изложены принципы и понятия первостепенного значения. Таковыми являются принцип настройки резонанса для повышения чувствительности и избирательности приема; индуктивная связь между входными и рабочим контурами; антенная система, в которой антенна имеет емкостный характер. Кроме того, Тесла безошибочно уловил значение правильно подобранной частоты высокочастотных токов и положительную роль незатухающих токов в осуществлении передачи сигналов на большие расстояния.

В период с 1893 по 1898 годы Тесла подавал заявки и получил семь американских патентов на высокочастотный излучатель в целом, один патент



Ил. 3. Способы подключения генератора переменного тока к системе «Антенна — земля» (подлинный диапозитив Теслы)

на высокочастотный трансформатор и восемь на различного типа электроискровые источники и вращающиеся прерыватели. В опубликованной позднее статье Тесла представил итоговый отчет о своей работе с высокочастотными излучателями, в котором говорилось, что в течение восьми лет изысканий, начиная с 1891 года, он создал не менее 50 типов такого рода излучателей, способных работать на постоянных или переменных низкочастотных токах.

Параллельно с работой по усовершенствованию высокочастотных излучателей Тесла с полной отдачей исследовал области применения токов высокой частоты. Широко известны его работы, касающиеся внедрения в практику приборов, генерирующих рентгеновские лучи, о которых он рассказывал в ряде статей в период с 1896 по 1897 год и в своей лекции в Нью-Йоркской академии наук. Он говорил о возможных способах применения в медицине высокочастотных излучателей, выступая с лекцией перед Американской электротерапевтической ассоциацией в Буффало в сентябре 1898 года. Заслуживает внимания и его патент, полученный в том же году, под названием «Способ и механизм управления для движущихся судов и автомобилей». В этом патенте изложены основы телемеханики – отрасли, которая получила свое развитие спустя многие десятилетия после открытия Теслы.

2 сентября 1897 года Тесла сделал заявку на патент № 650343, которая позднее была поделена* и зарегистрирована под № 645576 от 20 марта 1900 года и № 649621 от 15 мая 1900 года. В отличие от всех других исследователей в области радиотехники, которые работали с ослабленными токами высокой частоты и на очень больших частотах, Тесла исследовал область более низких частот установившихся токов высокой частоты. И когда прочие пытались усовершенствовать, главным образом, устройство Герца с искровым излучателем в антенном контуре (Лодж, Риги, Попов, Маркони и другие) и отдавали предпочтение приемнику с чувствительным когерером (Бренли, Лодж, Попов, Маркони и другие), Тесла работал над идеей, зародившейся в 1892–1893 годах. Насколько он преуспел в практическом осуществлении беспроводной передачи электрической энергии еще до своего приезда в Колорадо-Спрингс, можно судить по его патенту № 645576 и схеме на иллюстрации 1.

Разрабатывая идею беспроводной передачи энергии в глобальном масштабе, Тесла исходил из понимания того, что газ при небольшом давлении является превосходным проводником токов высокой частоты. При высоком

* Для истории радиотехники особое значение имеет второй из двух патентов, защищающий право на применение беспроводной передачи энергии, известный как «Система четырех резонирующих контуров». Этот патент был субъектом долгого судебного разбирательства, начатого Маркони против Соединенных Штатов и закончившегося в 1943 году в пользу Теслы и аннулировавшего американский патент Маркони за № 763772, зарегистрированный в 1904 году, потому что в нем не было ничего нового по сравнению с патентами Лоджа, Теслы и Стоуна.

напряжении давление, при котором газ начинает хорошо проводить ток, выше, таким образом, по мнению Теслы, не было нужды в проводнике, поднятом на высоту до 15 миль, потому что токопроводящих атмосферных слоев можно достичь при значительно меньшем подъеме проводника (фактически это антенна). «Коротко говоря, мое изобретение (цитата из патента 645576), основанное на этих открытиях, предполагает генерирование в одном месте электрического потенциала такого свойства и величины, что он вызывает протекание тока через высокие атмосферные слои от местонахождения источника до отдаленного места приема и потребления энергии». Иллюстрация 1 служит доказательством того, что Тесла проводил эксперименты по передаче энергии через разреженный газ в присутствии представителя Патентного бюро США. Патент свидетельствует, что давление в трубке колеблется от 120 до 150 мм рт. ст. При таком давлении и настроенных контурах эффективная передача энергии достигается при напряжении от 2 до 4 миллионов В на антенне передатчика. В патентной заявке Тесла ходатайствовал о защите авторских прав на подобный метод при условии, что земля должна использоваться в качестве вторичного проводника*.

В Колорадо-Спрингс Тесла пробыл почти год. Из статей, опубликованных в журналах «American Inventor» и «Western Electrician», можно получить некоторые сведения о его работе и полученных в то время результатах. В них говорилось, к примеру, о том, что в 1900 году Тесла планировал передать электрические сигналы в Париж беспроводным способом. В ноябре 1899 года

* В конце восьмидесятых годов XIX века научные знания о радиоизлучении и распространении электромагнитных волн были весьма скудными. После опубликования результатов исследований Герца в 1888 году, которые содержали доказательства теории Максвелла о динамике электромагнитного поля, стало распространяться мнение, что электромагнитные волны ведут себя так же, как световые волны, и перемещаются прямолинейно. Такой подход приводил к пессимистическому выводу о радиусе действия радиостанций, вскоре отвергнутому после экспериментов, проведенных с системой «Антенна – земля» в соответствии с электрической схемой Теслы 1893 года. Тесла, как обычно, не согласился с выводом, что существует лишь один способ распространения «электрических колебаний» без проводов – прямолинейно, так как он был убежден, что земля является хорошим проводником, посредством которого можно будет передавать электрическую энергию. Он предвидел несомненно важную роль атмосферных слоев, обладающих высокой проводимостью, в «глобальной» системе беспроводной передачи электрической энергии. Весьма интересно, что с самого начала считалось, что перемещение радиоволн носит некий особый характер, но затем эта точка зрения была предана почти полному забвению, и о ней не вспоминали до недавнего времени. В пятидесятые годы XX века работы Шумана, Бреммера, Баддена, Уэйта, Гейлиса и других трактовали перемещение электромагнитных волн сверхнизких частот (от 6 до 30 герц) и очень низких частот (от 3 до 30 килогерц) в полном соответствии с основными постулатами Теслы.

сообщалось, что Тесла успешно продвигается вперед в усовершенствовании своей установки беспроводной передачи, и что посылаемые им сигналы не интерферируют. В феврале 1900 года появилось сообщение, что Тесла вернулся в Нью-Йорк.

Исчерпывающее описание научных исследований в период с 1 июня 1899 года по 7 января 1900 года содержится в Дневниках, где Тесла ежедневно делал записи от руки. В отличие от многих других рукописей, хранящихся в архивах Музея Николы Теслы в Белграде, Дневники в Колорадо-Спрингс велись постоянно и тщательно систематизированы, хотя Тесла не планировал их публиковать. Скорее всего, записи велись для регистрации результатов исследований. Возможно, это делалось из предусмотрительности, на случай уничтожения его лаборатории, что легко могло произойти из-за опасных экспериментов с мощными электрическими разрядами. Часть дневниковых записей Тесла отправил в Патентное бюро США, что подтверждается тем, что некоторые страницы с оборотной стороны листа проштампованы. Иногда Тесла не делал никаких записей, но в начале соответствующего месяца он обычно объяснял причину.

Судя по записям, Тесла посвящал большую часть своего времени передающему устройству, в частности генератору высокочастотных токов большой мощности (около 56%), далее приемникам слабых сигналов (приблизительно 21%), измерению емкости вертикальной однополюсной антенны (около 16%) и другим различным научным изысканиям и исследованиям (примерно 6%). Он разработал конструкцию большого высокочастотного излучателя с тремя колебательными контурами, потенциал которых достигает 10 миллионов вольт, опробовал различные варианты приемных устройств с одним или двумя когерерами со специальными контурами смещенного возбуждения, производил измерения электромагнитного излучения электрических разрядов в природе, разработал измерительные методики в радиотехнике, продумывал устройства модулятора, антенн с параллельным питанием и т.д. Он также изложил свою теорию образования шаровых молний и мог создавать их искусственным путем.

Часть разработок, завершенных в Колорадо-Спрингс, Тесла представил в патентах и статьях. В период с июня 1899 года по июль 1900 года Тесла представил заявки на 7 патентов и опубликовал пространную статью, озаглавленную «Проблема увеличения энергии человечества».

За несколько дней до отъезда из Колорадо-Спрингс Тесла пригласил фотографа, который сделал ряд снимков наружного вида лаборатории и ее интерьера. Составил описания в общей сложности к 63 фотографиям, значительная часть которых демонстрировала его огромный трансформатор в действии и большое количество стримеров и искровых разрядов, вырывающихся из «дополнительной» катушки. Он, должно быть, получал удовольствие, глядя на эти мощные разряды, сопровождаемые громом и искровыми вспышками

длиной несколько десятков метров. В то время генератор с катушкой Теслы был уже широко известен и применялся в различных целях, но Тесла опередил всех в исследованиях сверхвысоких напряжений на своем гигантском трансформаторе. По окончании работ в Колорадо-Спрингс он опубликовал некоторые фотографии как иллюстрации для нескольких статей, и они вызвали бурю энтузиазма и изумления, подобно тому, как это было после его лекций в Америке, Англии и Франции в 1891–1893 годах. Увидев фотографии Теслы, великий немецкий ученый Слейби написал, что опытные приборы других исследователей всего лишь игрушки по сравнению с аппаратами Теслы.

Описание фотографий в его Дневниках сопровождается подробным описанием работы излучателя. Сами фотографии выполнены профессионально и убедительно свидетельствуют о масштабах экспериментов. Чтобы получить такие фотографии, Тесла прибегнул к фотомонтажу. Сначала был сделан снимок действующего аппарата, а затем сидящего человека. Он утверждал, что видел яркие пятна на некоторых фотографиях – огненные шары, и описал процесс их формирования. Изучение и получение шаровой молнии не было целью научно-исследовательской работы Теслы в Колорадо-Спрингс, но, по его словам, это были особые эксперименты, «интересные с научной точки зрения», которыми он занимался, если располагал временем.

Некоторые страницы Дневников Тесла использовал для составления патентных описаний, которые он представлял на рассмотрение в период с 1899 по 1902 годы. Тесла практиковал постоянное ведение записей, которые, вероятно, служили памяткой для написания документов в тот период, когда он официально объявлял о своих изобретениях.

В Дневнике имеется несколько интересных описаний природы в окрестностях лаборатории и некоторых необычных метеорологических явлений, но всё это имело отношение к прошлым или будущим исследованиям.

В 1900 году в «The Century» вышла большая статья Теслы, «Проблема увеличения энергии человечества», в которой он высказывает свои взгляды и делает ряд выводов, сформировавшихся в результате работы в Колорадо-Спрингс. В 1902 году, выступая в суде, он рассказал, как писал эту статью, в следующих словах: «The Century» настаивал, чтобы я написал обещанную статью, но это потребовало всех моих сил. Я понимал, что это должна быть историческая статья, поскольку впервые огласил результаты, далеко выходящие за рамки того, что я или кто-либо еще в мире когда-либо совершал».

О его работах в Колорадо-Спрингс вновь писали в 1904 году. Некоторые интересные факты об этом периоде содержались в его ответах чиновникам из Американского патентного бюро в 1902 году относительно патентных прав Теслы и Фессендена. Этот документ включает в себя показания ассистента Теслы Фрица Левенштейна и секретаря Джорджа Шеффера. В апреле 1899 года Тесла принял Левенштейна на временную работу в Нью-Йорке, а уже в мае пригласил его в Колорадо-Спрингс, где тот проработал до конца сентября,

пока семейные обстоятельства не заставили его уехать в Германию. Тесла был удовлетворен его работой и предложил ему приехать опять в Колорадо-Спрингс, что и случилось в феврале 1902 года.

По возвращении 11 января 1900 года в Нью-Йорк Тесла, продолжая работу над проблемами радиосвязи, усиленно занимался поисками тех, кто мог бы профинансировать практическое осуществление его открытий, имеющих отношение к проекту «Всемирной системы беспроводной передачи». Ему принадлежало строение на Лонг-Айленде, и он приступил к оснащению своей новой лаборатории. Из написанных позднее заметок известно, что он намеревался экспериментально подтвердить идею о резонансе Земли, изложенную им в патенте, который был представлен в 1900 году. Задуманные им опыты, по-видимому, не повторялись вплоть до шестидесятых годов XX века, когда было экспериментально доказано, что Земля резонирует с частотой около 8.14–20 герц. Тесла был недалек от истины – по его подсчетам, резонанс составлял 6.18–30 герц. Поглощенный этой огромной важности идеей, он снизил темпы работ над трансокеанской радиостанцией, в то время как Маркони в 1901 году осуществил успешную передачу сигнала через Атлантику с помощью более простого устройства. Тесле пришлось объясняться со своим финансистом Морганом относительно того, что его целью было передавать не слабые сигналы, а более значительные энергии для их всевозможных применений. Комментируя предприятие Теслы, крупнейший специалист в этой области Уэйт среди прочего написал следующее: «С исторической точки зрения, важно отметить тот факт, что гениальный Никола Тесла задумал создать мировую коммуникационную сеть на основе созданного им в 1899 году в Колорадо-Спрингс огромного высоковольтного передатчика с искровым генератором. Через несколько лет он построил большую установку на Лонг-Айленде, с которой намеревался посылать сообщения в Корнуолл в Англии. Более того, строил планы применения модифицированного варианта установки для подачи энергии в любую точку на Земле. К сожалению, его спонсор Дж. Пирпонт Морган перестал оказывать поддержку в этот момент, вероятно, вследствие успеха Маркони, осуществившего трансатлантическую связь с помощью значительно более дешевых устройств. Несмотря на это, эксперименты Теслы тесно связаны с начавшимся позднее развитием средств связи на сверхнизких частотах».

Тесла предполагал, что саму Землю можно привести в состояние резонанса с частотами порядка 10 герц. Он обратил внимание на то, что энергия отражается от диаметрально противоположной точки на его передатчик в Колорадо-Спрингс таким образом, что образуются стоячие волны.

В письме Моргану в начале 1902 года Тесла объяснял, что то, исследованием чего он занимается, «можно резюмировать в виде трех отдельных проектов: 1) передача энергии в небольших количествах и проявление слабых эффектов, почти не улавливаемых чувствительными приборами; 2) передача

энергии в значительных количествах, исключая применение чувствительных приборов и обеспечивающая безопасное управление любым устройством, не требующим большой энергии; 3) передача большого количества энергии в промышленном масштабе. Завершение нынешнего этапа моей работы будет означать осуществление первого шага». Для проведения экспериментов по передаче больших энергий он надеялся построить станцию на Ниагаре, генерирующую потенциал в 100 миллионов вольт.

Однако Тесле не удалось обеспечить себе необходимую финансовую поддержку, и после трех лет активных поисков и неудачных попыток завершить строительство станции в Лонг-Айленде он отказался от своих планов и занялся исследованиями в других областях. Им написано несколько статей о бесконечных возможностях беспроводной передачи энергии, до конца жизни он оставался в уверенности, что наступит время, когда его проект можно будет воплотить в жизнь. Сегодня, когда мы располагаем доказательством резонанса Земли, известного как резонанс Шумана, и когда мы знаем, что в пространстве земной ионосферы распространяются волны очень низких частот с поразительно малым затуханием – столь малым, что образуются стоячие волны, мы понимаем, как был прав Тесла, когда утверждал, что механизм распространения электромагнитных волн в «его установке», принципиально отличен от установки Герца, где имеет место направленное излучение. Мы понимаем, что Тесла не мог знать в точности, какие частоты может иметь волновое движение, трактуемое как бегущие волны, в узком пространстве между Землей и ионосферой, потому что он, вероятно, никогда не имел возможности осуществить эксперименты, которые он блестяще разработал и описал еще в 1893 году в лекции в Сент-Луисе. Жернова справедливости, к сожалению, вращаются медленно, и после долгих лет почти полного забвения достижений Теслы в области радиосвязи его имя вновь триумфально заблистало на страницах научных сочинений, касающихся распространения электромагнитных волн очень низких частот и резонанса Земли. В своей книге Джексон пишет, что «этот выдающийся, гениальный человек четко охарактеризовал Землю как резонансный контур (он не знал об ионосфере), определил частоту наиболее слабого резонанса в 6 герц (это близко к 6.6 герца для идеально кондуктивной сферы) и описал способы и средства генерирования и обнаружения таких волн...»

Дневниковые записи Николы Теслы в Колорадо-Спрингс являются важным историческим документом того периода, когда научный дар Теслы достиг своего пика. Они дают возможность проникнуть в творческое воображение Теслы, раскрывают замыслы и искания его эмпирического духа. Экспериментальное доказательство идеи было для Теслы ключевым моментом, и в то же время он стремился к достижению согласованности между экспериментальными и расчетными показателями. Тесла использовал упрощенные математические модели для расчетов исследуемых систем. Подобный подход

к расчету телеграфных радиостанций встречается в литературе более позднего периода.

Желающие получить исчерпывающие сведения о деятельности Теслы обнаружат в Дневниках источник информации, дающий более глубокое понимание уже известных документов и помогающий идентифицировать многочисленные бумаги, хранящиеся в Музее Николы Теслы в Белграде, часто без указания даты или без описания.

Подготовка рукописи к печати потребовала немало времени и усилий, чтобы представить материал в форме, аутентичной оригиналу, но легкой для изучения. Текст не подвергался изменениям, если только не встречались незначительные математические погрешности или некорректно примененные единицы измерения энергии и мощности.

1

КОЛОРАДО-СПРИНГС ДНЕВНИКИ 1-30 ИЮНЯ, 1899

К сему следует добавить две заявки, доработанные совместно с Куртисом, и материалы некоторых других патентов, главным образом иностранных.

Colorado Springs June 4. 1899.

Telephony without wires. General observations.



Sender { one impulse } for one telephone Receiver { several impulses } for one impulse.

Form of Energy { Static action Current Rays { light rays } Magnetic act. Sound } Form of Energy { Static action, repulsion Magnetic rays Heat Light } Reflected by metal displacement.

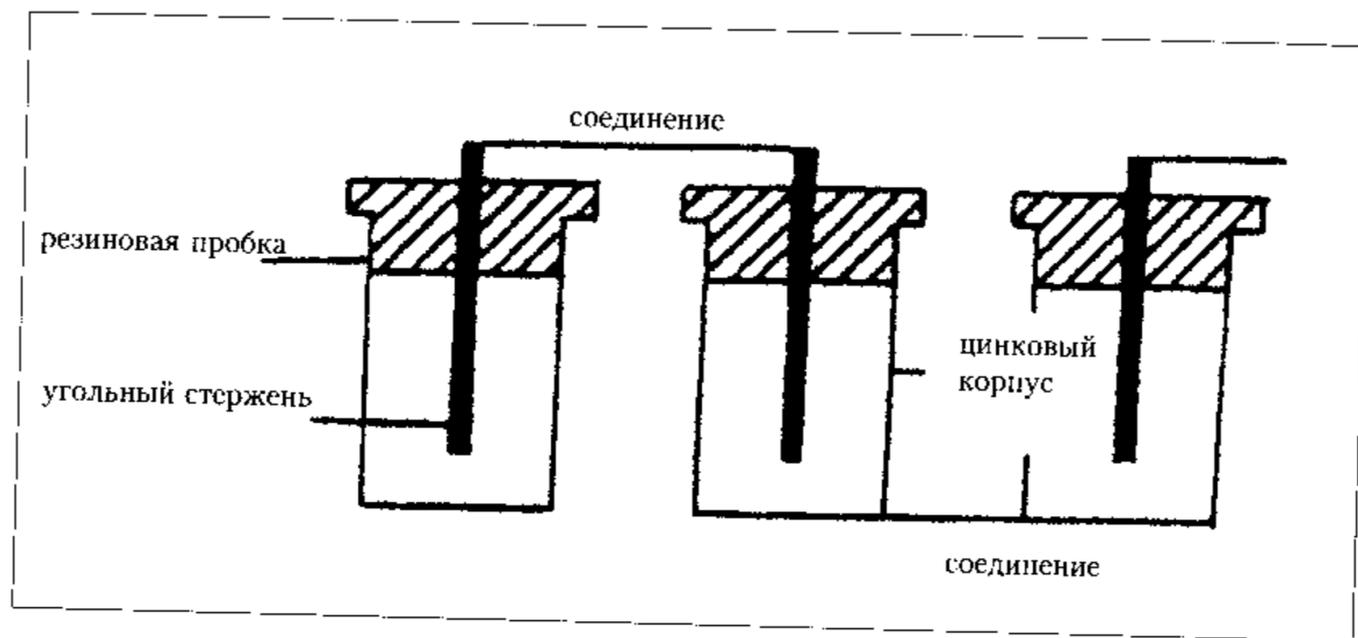
Instrument to be used { Static machine Induction coil Oscillator { simple harmonic } Battery Regulator (Hydrogen) Condenser { Rheostat } } Receiving Instruments to be worked out. for various transmission instruments

Arrangement of circuit to be worked out.

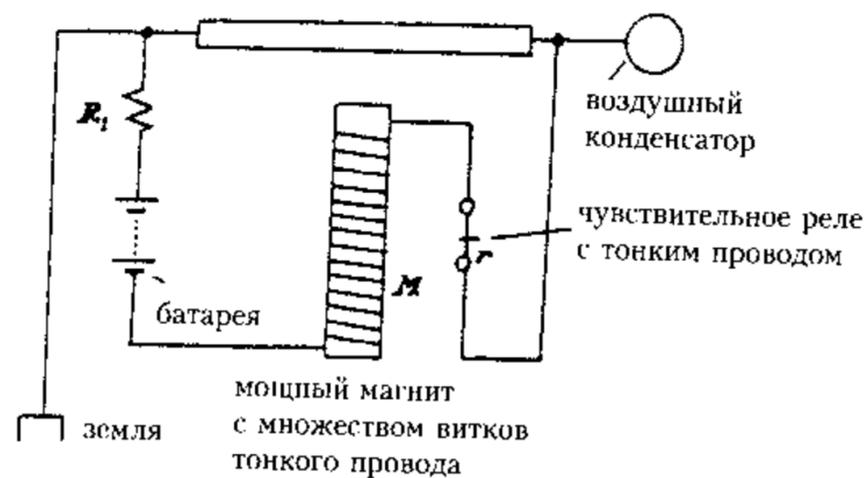
Колорадо-Спрингс

1 июня, 1899

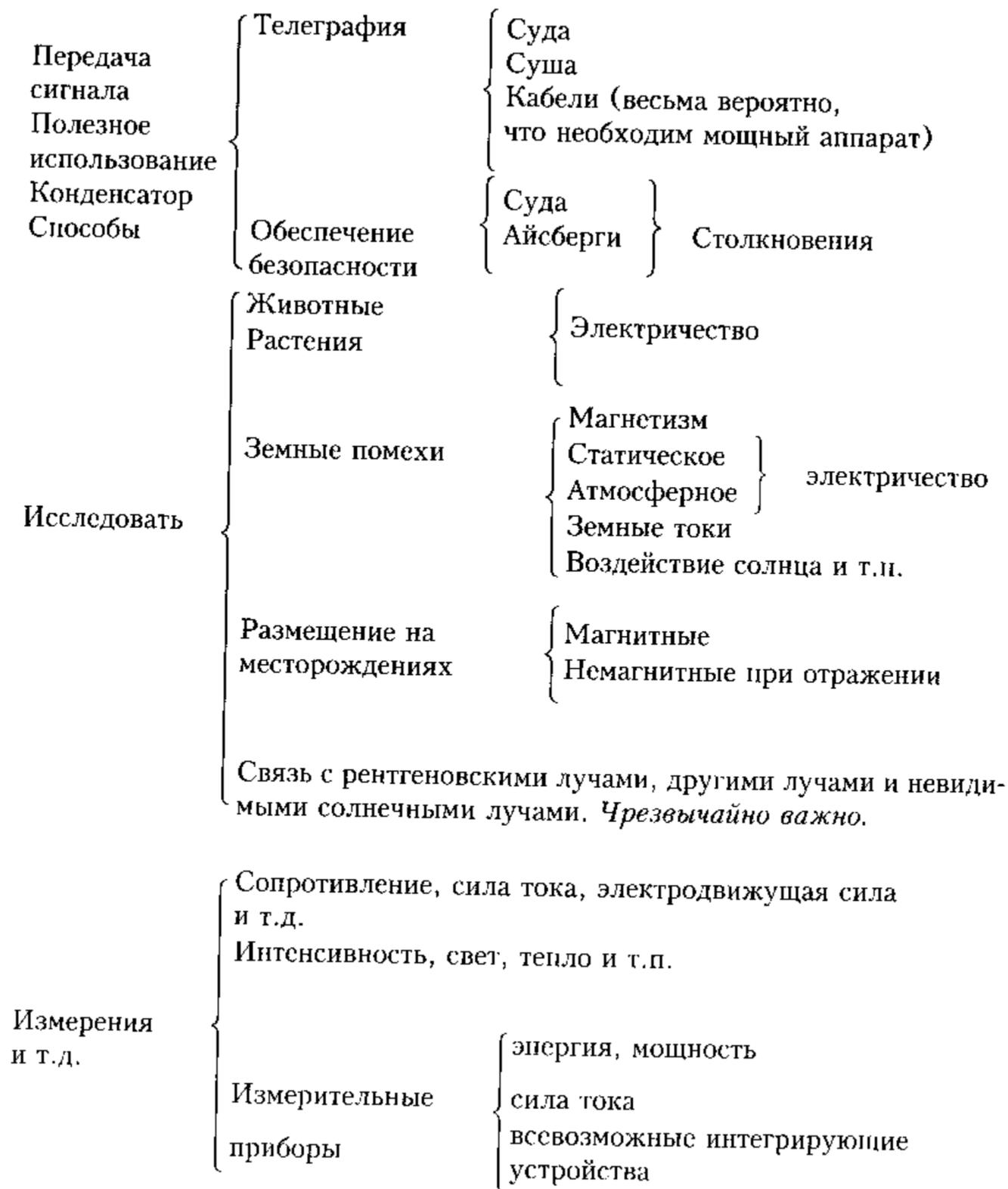
Устройство представляется удачной разработкой для малых батарей с очень большой электродвижущей силой, необходимой для возбуждения вакуумной трубки, служащей приемником в телеграфии; поскольку для возбуждения трубки нужен очень слабый ток, батарея заряжена именно таким. Предшествующие эксперименты показывают, что $1/20000$ ампера вполне достаточно. Приблизительный объем корпуса $1/4$ кубического фута. Стоимость не должна быть непомерно высокой. Крышки, пробки и угольные стержни вполне доступны.



Присоединение приемника должно быть таким же, как в нью-йоркских экспериментах: при необходимости можно использовать реостат R_1 , для поддержания напряженности трубки, близкой к состоянию пробоя. Очень важно,

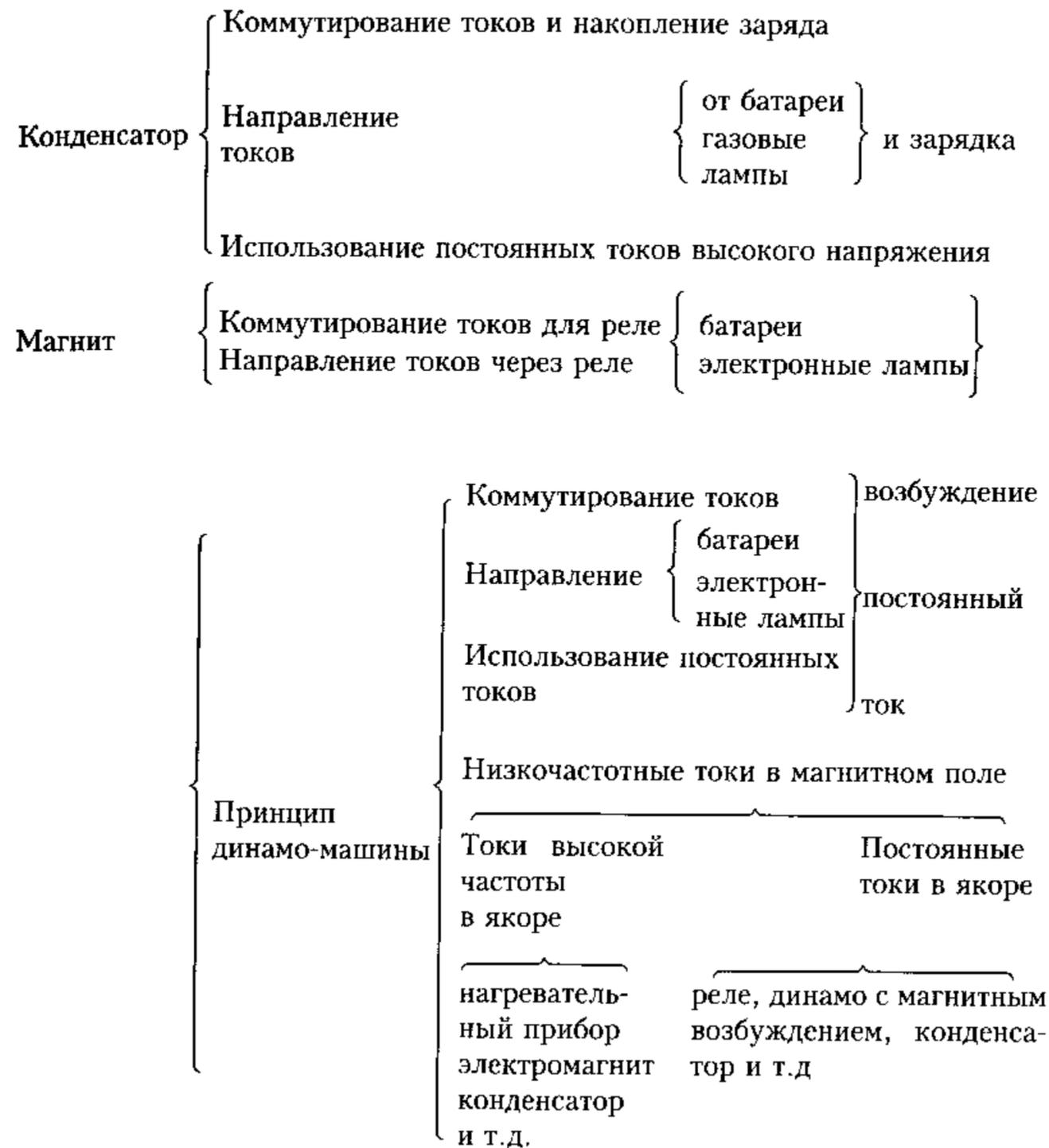


как и во всех чувствительных устройствах, чтобы диэлектрик имел напряженность, близкую к состоянию пробоя. Магнит M должен иметь сопротивление, почти равное внутреннему сопротивлению батареи, с тем чтобы получить эффективную отдачу. Для этого подойдет реле с сопротивлением в 1000 ом. Магнит должен быть сильным, чтобы погасить свечение трубки. Такое устройство может оказаться очень чувствительным и будет пробиваться от воздействия очень слабых токов, передающихся через землю, от таким же образом присоединенного генератора.



Различные модификации принципа аккумуляции энергии слабых импульсов, полученных издалека, и использование усиленного импульса для работы приемного устройства. Общие соображения относительно некоторых способов реализации упомянутого принципа:

Резонанс —



Колорадо-Спрингс

4 июня, 1899

Беспроводная телефония

Общие сведения:



Разработать компоновку схемы и т.д.

Колорадо-Спрингс

5 июня, 1899

Метод электромагнитной индукции; результаты экспериментов со специальной аппаратурой рассчитаны по формуле:

$$M = \frac{p^2 s^4 W_p V_t^2}{32^2 D^6 S^2}$$

M – энергия во вторичном, или принимающем контуре

p – $2\pi n$, что приблизительно составляет $40\,000 = 4 \times 10^4$

S – длина стороны квадратного контура = $1\,200 = 12 \times 10^2$ см

W_p – энергия, расходуемая в первичном контуре, = 4×10^{10} эрг предположительно

V_t – общий объем проводов в обоих контурах = 25×10^3 куб. см

D – расстояние от центра до центра контуров (по горизонтали)

S – удельное сопротивление проводов = 1.7×10^3

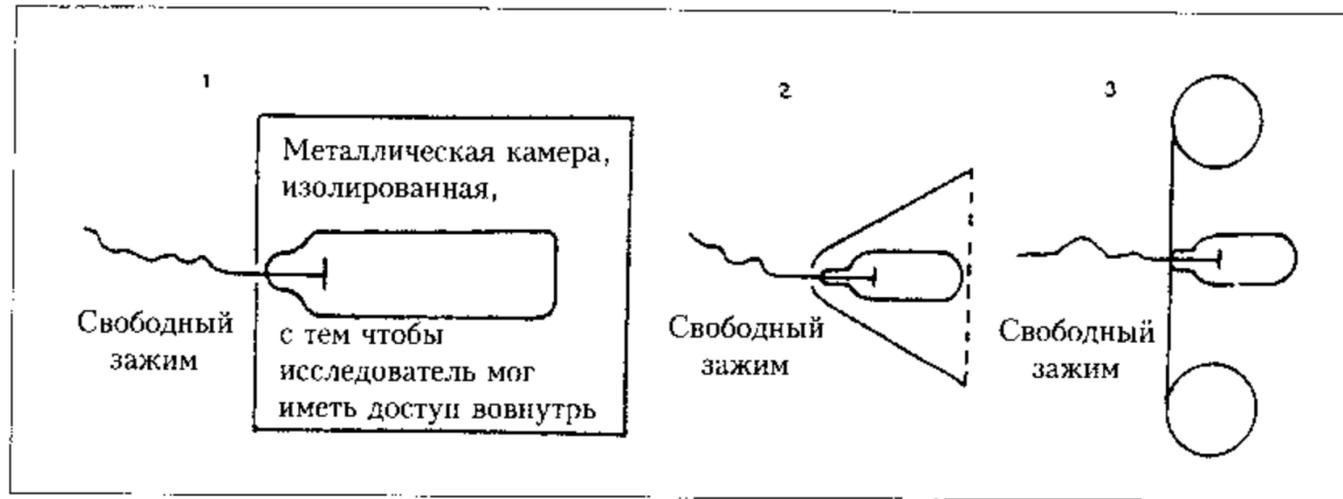
При минимальном значении M , равном 0.3 эрг, необходимом для воздействия на реле, оказывается, что для данных контуров и при таком режиме работы потребуется, вероятно, около 1 мили коммуникаций. При контурах в 1000 квадратных метров – около 30 миль. Из этого следует, что недостаток метода электростатической индукции может оказаться весьма существенным по сравнению с методом возмущенного земного и атмосферного заряда.

Колорадо-Спрингс

6 июня, 1899

Устройства с одноэлектродной трубкой для получения излучения большой мощности

Мощность генератора практически не ограничена, теперь стоит проблема разработки трубки, способной выдерживать любое требуемое напряжение. Трубки, с которыми работали в Нью-Йорке, были изготовлены с алюминиевыми цоколями или без них, но в обоих случаях выявлялось ограничение, так что доступной оказывалась лишь небольшая часть возможной электродвижущей силы. Если сделать из стекла, нижняя часть получит пробой вследствие стримеров, а если применять алюминиевые цоколи, возникнет искрение в направлении цоколя. Погружение в масло и другие подобные средства создают неудобства. В конечном счете, есть вероятность, что постоянное экранирование уязвимых частей трубки покажет существенные результаты. Эта идея была неоднократно проверена экспериментально различными способами.



В каждом случае изолированное тело конденсатора располагают таким образом, чтобы стримеры не могли проявлять себя. Электрическая емкость должна максимально увеличить электродвижущую силу на свободном выводе.

Колорадо-Спрингс

7 июня, 1899

Ориентировочный расчет витка первичного контура, применявшегося в экспериментальной установке:

$$L_s = \pi \left[4A \left(\log_e \frac{8A}{a} - 2 \right) + 2a \left(\log_e \frac{8A}{a} - \frac{5}{4} \right) - \frac{a^2}{16A} \left(2 \log_e \frac{8A}{a} + 19 \right) \right]$$

При этом A — радиус окружности = 25 футов = 300 дюймам = $300 \times 2.54 = 762$ см, a — радиус кабеля = $\frac{13''}{32} = \frac{13}{32} \times 2.54 = 1.03$ см

$$\frac{8A}{a} = 5919 \quad \log_e \frac{8A}{a} = 3.772248 \times 2.3 = 8.6762$$

$$4A = 3048 \quad 2a = 2.06 \quad a^2 = 1.061 \quad 16A = 12192$$

$$L_s = \pi \left[3048 \times (8.6762 - 2) + 2.06 \times (8.6762 - 1.25) - \frac{1.061}{12192} \times (17.3524 + 19) \right],$$

пренебрегая последним членом, имеем:

$$L_s = 3.1416 \times (3048 \times 6.6762 + 2.06 \times 7.4262) =$$

$$= 3.1416 \times (20349.06 + 15.3) = 3.1416 \times 20364.36$$

$$L_s = 63976.67 \text{ см,}$$

или приблизительно 63900 см.

Два последовательных витка могут составить приблизительно 255 600 см.
Ориентировочный расчет индуктивности петли первичного контура, применявшейся в экспериментальном генераторе на вертикальной опоре в Нью-Йорке

Диаметр петли = 8 футов = 244 см,
отсюда следует: $A = 122$ см, диаметр кабеля = $\frac{13''}{16}$

$$a = \frac{13''}{32} \times 2.54 = \text{около } 1 \text{ см}$$

$$\frac{8A}{a} = 976 \quad \log_e \frac{8A}{a} = 2.98945 \times 2.3 = 6.875735$$

$$a^2 = 1 \quad 4A = 488 \quad 16A = 1952$$

$$L = \pi \left[4A \left(\log_e \frac{8A}{a} - 2 \right) + 2a \left(\log_e \frac{8A}{a} - \frac{5}{4} \right) - \frac{a^2}{16A} \left(2 \log_e \frac{8A}{a} + 19 \right) \right] =$$

$$= \pi (488 \times 4.875735 + 2 \times 5.625735 - \frac{1}{1952} \times 32.75) =$$

$$= \pi (2379.3600 + 11.2515 - \text{малая дробь}) =$$

$$= \pi \times 2390.6115 = 3.1416 \times 2390.6115 \quad L = 7210.345,$$

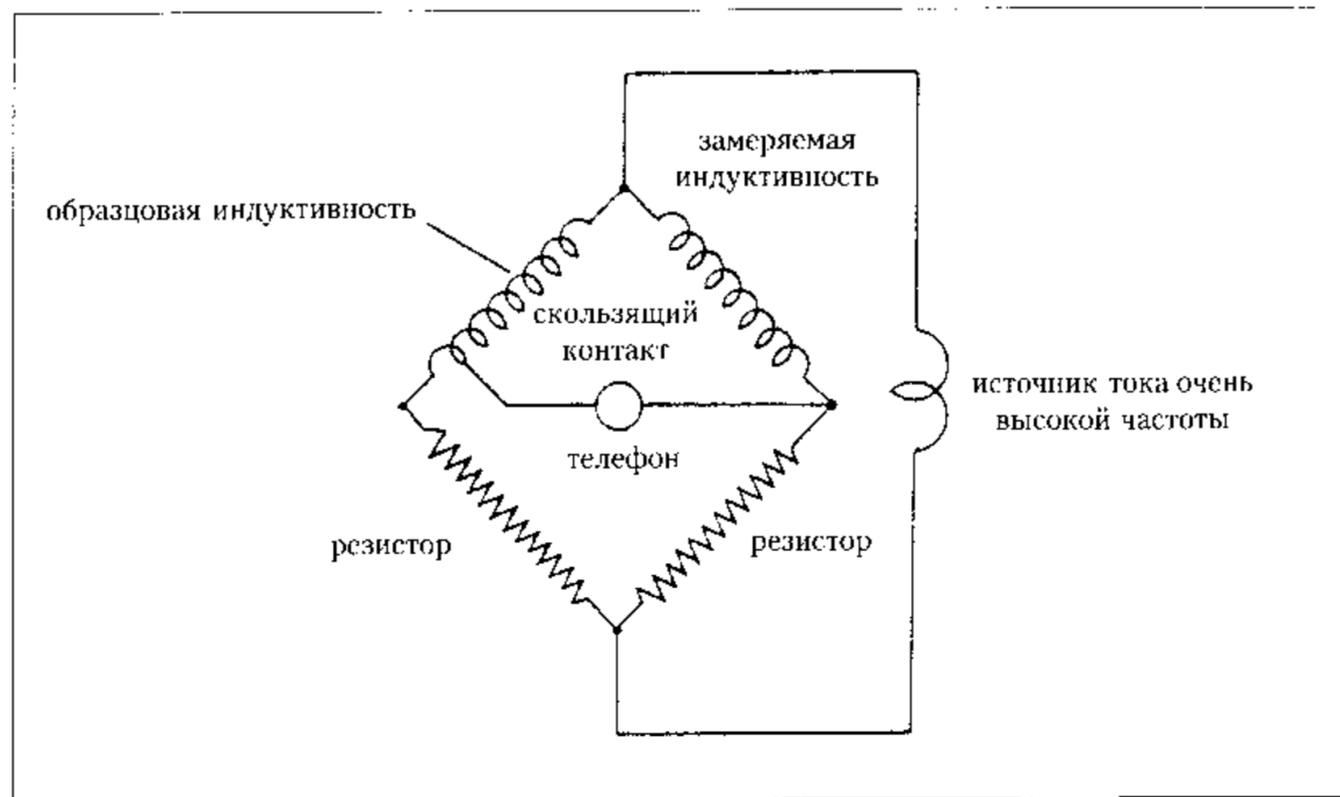
если концы достаточно близки, будет чуть больше 8000 см.

Колорадо-Спрингс

8 июня, 1899

Метод и аппаратура для определения индуктивности, а также электрических емкостей, наиболее подходящих для определения малой индуктивности

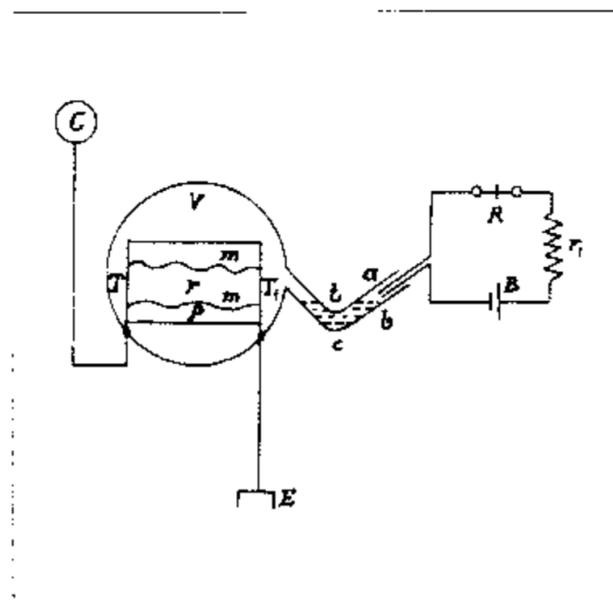
Поскольку при высокой частоте токов сопротивление можно не учитывать, собственную индуктивность нетрудно сопоставить следующим образом. Образец индуктивности обеспечивается посредством скользящего контакта, так что можно установить любое число витков. Два сопротивления, соответствующие источнику тока высокой частоты, и индуктивность, подлежащая измерению, соединяются в виде моста. Два противолежащих контакта, один подвижный, подсоединены к телефонному аппарату. Если не прослушивается никакого звука, то мы будем иметь две индуктивности, то есть одну, которую следует измерить, и ту часть образцовой индуктивности, которая соответствует состоянию равновесия, или молчанию в телефоне, — практически они равны, если количественные параметры подобраны надлежащим образом. Подобным



способом можно измерять емкость. Вероятно, можно было бы обойтись без высокочастотного источника и использовать вместо него очень резкий разряд конденсатора. Дополнительное сопротивление следует устанавливать таким образом, чтобы имеющиеся на двух участках сопротивления, благодаря которым ток распределяется, были равны или близки.

Колорадо-Спрингс

9 июня, 1899



Оцениваем целесообразность применения столба воздуха или иного газа в качестве детектора помех на расстоянии. Это возможно осуществить по принципу термометра Райса, который применялся в экспериментах в Нью-Йорке. Устройство прибора показано на схеме слева. Резервуар V , желательно с отполированной поверхностью, выполненный на манер зеркал, отражающих лучи к центру. В этот резервуар помещен резистор r минимальной массы. Этот резистор удобно получить, соединив карандашной линией mm два контактных

зажима T и T_1 удерживающих стеклянную пластину P . Масса должна быть ультрамалой, для того чтобы минимальным количеством тока поднимать температуру карандашного штриха, или проводников, и таким образом нагревать воздух в резервуаре, который, расширяясь, погонит капиллярный столб жидкости s , содержащейся в трубке t , к контактам ab . Жидкость должна быть очень легкой и не обязательно высокой проводимости, достаточной лишь для того, чтобы реле R могло работать от батареи B при образовании контакта между a и b . Для регулировки тока батареи можно использовать сопротивление r_1 . Контакты TT_1 лучше соединять способом, к которому я обычно прибегал, то есть один заземлять, а другой соединять с поднятым телом с развитой поверхностью. При применении воздуха нам потребуется 0.1696 калории на грамм $^{\circ}C$. Теперь не составит труда подсчитать, насколько может расширяться воздух на каждый эрг подаваемой энергии.

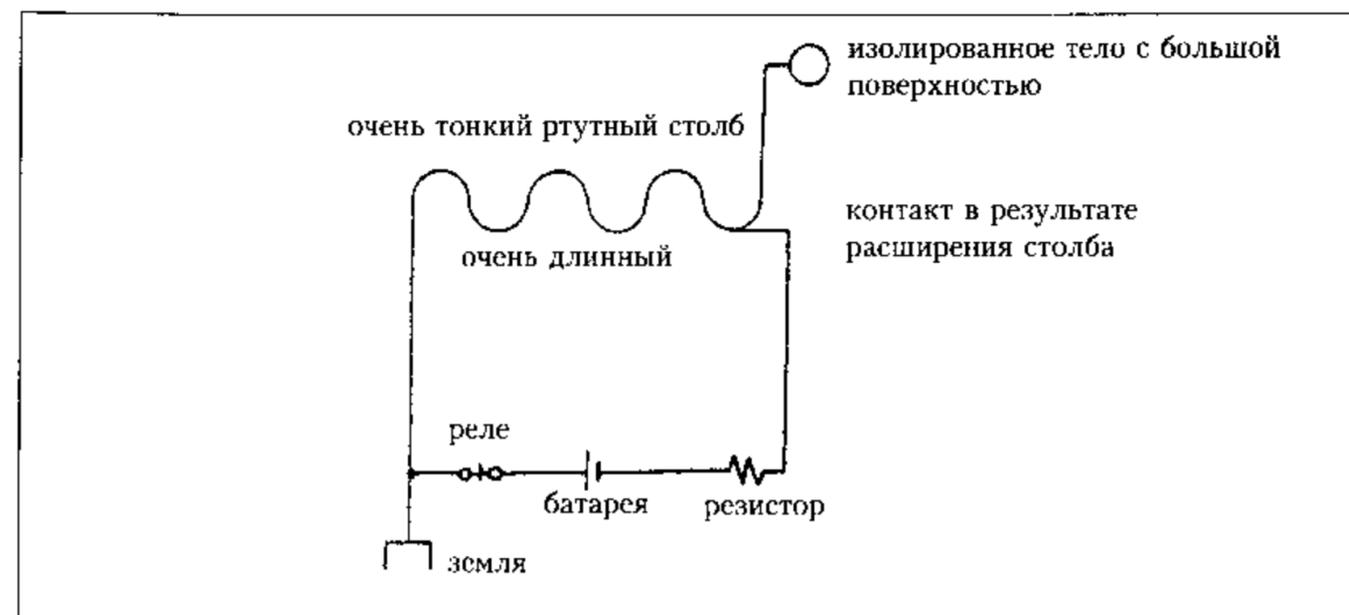
Колорадо-Спрингс

10 июня, 1899

Допустим, что мы имеем очень тонкий ртутный столб с сопротивлением R , длиной L , соединенный с землей и с поднятым на высоту изолированным проводником, как показано на схеме.

Тогда, если ток I пройдет через него, энергия, поглощенная ртутным столбом и перешедшая в тепловую, будет равна RI^2 ватт. Ток, конечно, сверхслабый, и в телеграфии мы не могли рассчитывать на передачу более чем 1 эрг на большое расстояние от передающей станции; вопрос в том, что можно сделать с таким небольшим количеством энергии?

При повышении температуры ртутного столба до t градусов выше нормальной он будет расширяться на 0.00018 своей длины на каждый градус,



следовательно длина ртутного столба составит $L + Lt \times 0.00018 = L(1 + 0.00018t)$. Это значение несколько больше того, какое можно получить в действительности в стеклянной трубке. Допустим, трубка имеет диаметр $1/10$ мм и длину 10 метров; ее сопротивление будет равно примерно 1000 ом. Тогда $RI^2 = 1000$, $I^2 = 1/10^7$, исходя из того, что поступающая энергия составляет 1 эрг, получаем $I^2 = 1/10^{10}$, $I = 1/10^5$ ампера.

Ртутный столб в трубке расширяется с каждым градусом на $0.00018 \times 10 = 0.0018$ метра, или 0.18 см, или 1.8 мм.

Объем столба составит $0.01 \times 10000 = 100$ куб. мм, или 0.1 куб. см. Теперь он будет весить $0.1 \times 13.6 = 1.36$ грамма. Его масса будет равна $0.00136/9.81$. В то же время для увеличения температуры воды на 1°C нам потребуется 41 600 000 эрг на каждый грамм. При удельной теплоте ртути, равной 0.0319, нам потребуется $41\,600\,000 \times 320/10\,000 = 41\,600 \times 32 \approx 1\,330\,000$ эрг.

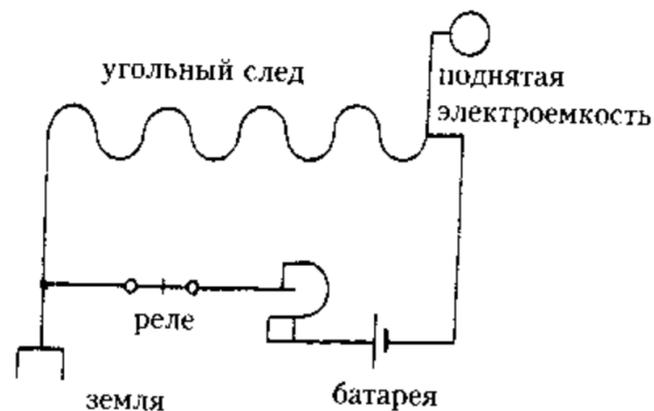
Отсюда следует, что индикация возмущений с помощью ртутного столба вряд ли осуществима, если только ртутный столб не удастся сделать значительно более тонким.

Колорадо-Спрингс

11 июня, 1899

Описываемый ниже способ и аппаратура для обнаружения слабых возмущений, проходящих через атмосферу, представляют несомненный интерес для телеграфии. Эта идея была доведена до практического осуществления в Нью-Йорке, но результаты были неудовлетворительными. Теперь можно возобновить эксперименты с помощью аппарата, представленного ниже.

Основная идея состоит в том, чтобы обеспечить такой путь прохождения тока, чтобы сопротивление проводника снижалось при его прохождении и чтобы его масса была минимальна. Удельная теплоемкость вещества, образующего путь тока, должна быть по возможности наименьшей. Я понял, что



лучший способ заключается в том, чтобы получить линию соответствующей толщины посредством угля, соединив ее два подводющих зажима; эта линия и является высокоомным резистором. Один конец этого проводника предпочтительно соединять с землей, а другой — с поднятым на высоту объектом с большой поверхностью. Кроме того, проводник присоединен к цепи с реле и батареями любым подходящим способом, например, таким, как в указанной здесь компоновке. Итак, когда проходит слабый импульс, он понижает сопротивление угольного следа и тогда ток большей величины сможет пройти через батарею, и так будет продолжаться, пока не сработает реле. Затем реле прерывает ток в батарее, и устанавливается нормальный режим работы. Для прерывания тока можно использовать реле как таковое, или возможно применение дополнительного магнита, как показано. Для повышения чувствительности угольный след может быть соединен по мостовой схеме.

Колорадо-Спрингс

12 июня, 1899

Приемлемый способ (отнюдь не лучший) получения проводника малой массы со свойством мгновенного испарения или распада под воздействием тока батареи и их последующего быстрого восстановления таков:

две клеммы закрепляются на пластине из изоляционного материала, желательно стекла, и затем на пластину наносится пленка из вещества, обладающего слабой проводимостью, которая осуществляет шунтирование клемм, образуя достаточный контакт для прохождения электричества между ними.

Следующий способ представляется наиболее подходящим для осуществления этой идеи.

В небольшую колбу с двумя клеммами в пробке помещается некоторое количество йода, и любым возможным способом колба нагревается до такой температуры, чтобы галоид приобрел вид чрезвычайно тонкой пленки, позволяющей току батареи проходить через реле. Путем соответствующего соединения с реле может быть пропущен более сильный ток, в результате чего йодная пленка разрушится, и клеммы вновь разъединятся, этот процесс может постоянно повторяться с требуемой частотой. Такую пленку можно использовать для обнаружения слабых импульсов, например, в осуществлении телеграфной связи через среду, в этом случае она соединена с землей и с электрической емкостью.

Колорадо-Спрингс

13 июня, 1899

Схемы расположения передающих устройств для беспроводной телефонии на расстоянии

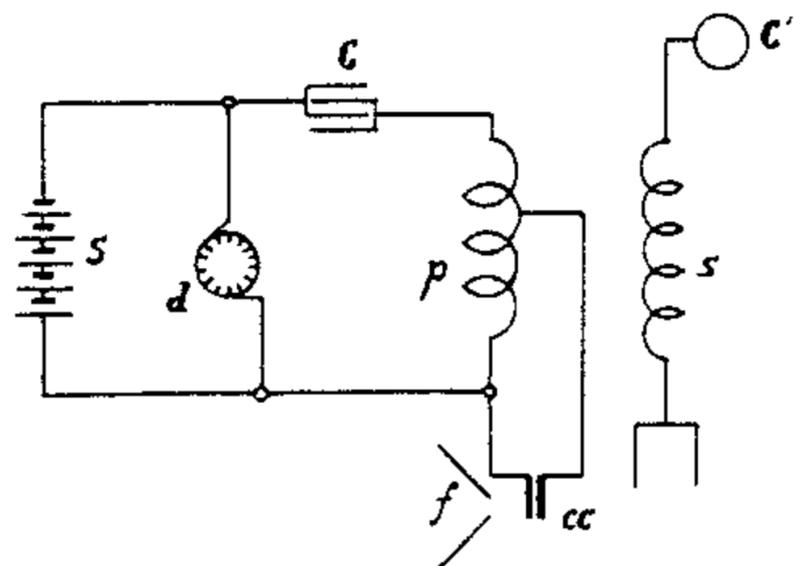
Очень трудной задачей в практическом решении проблемы такого рода является управление мощным аппаратом посредством слабых импульсов, производимых человеческим голосом.

Наиболее подходящим способом является использование угольных контактов, таких как в микрофоне, но применение мощных токов или большой электродвижущей силы, как это и должно быть в таких случаях, сулит немалые затруднения.

Решение, ранее мной описанное, предлагается в нижеследующем проекте с приложением пояснительной схемы.

S — источник предпочтительно постоянного тока в виде мощной аккумуляторной батареи или динамо, C — конденсатор, соединенный с первичным контуром p и прерывателем d , так же, как в осциляторе. Прерыватель устроен таким образом, что при определенном количестве прерываний достигается резонанс.

Здесь же вторичный контур S , имеющий заземление и соединение с изолированным телом, представляющим емкость, поднятым на высоту; как здесь показано; в нормальном режиме вторичный контур, с учетом его емкости и индуктивности, настроен таким образом, чтобы быть в резонансе с первичным контуром p . Последний имеет шунтирующие электроды cc , преимущественно угольные. В нормальном состоянии угольные электроды едва касаются, но при разговоре посредством воронки они гармонически сжимают-



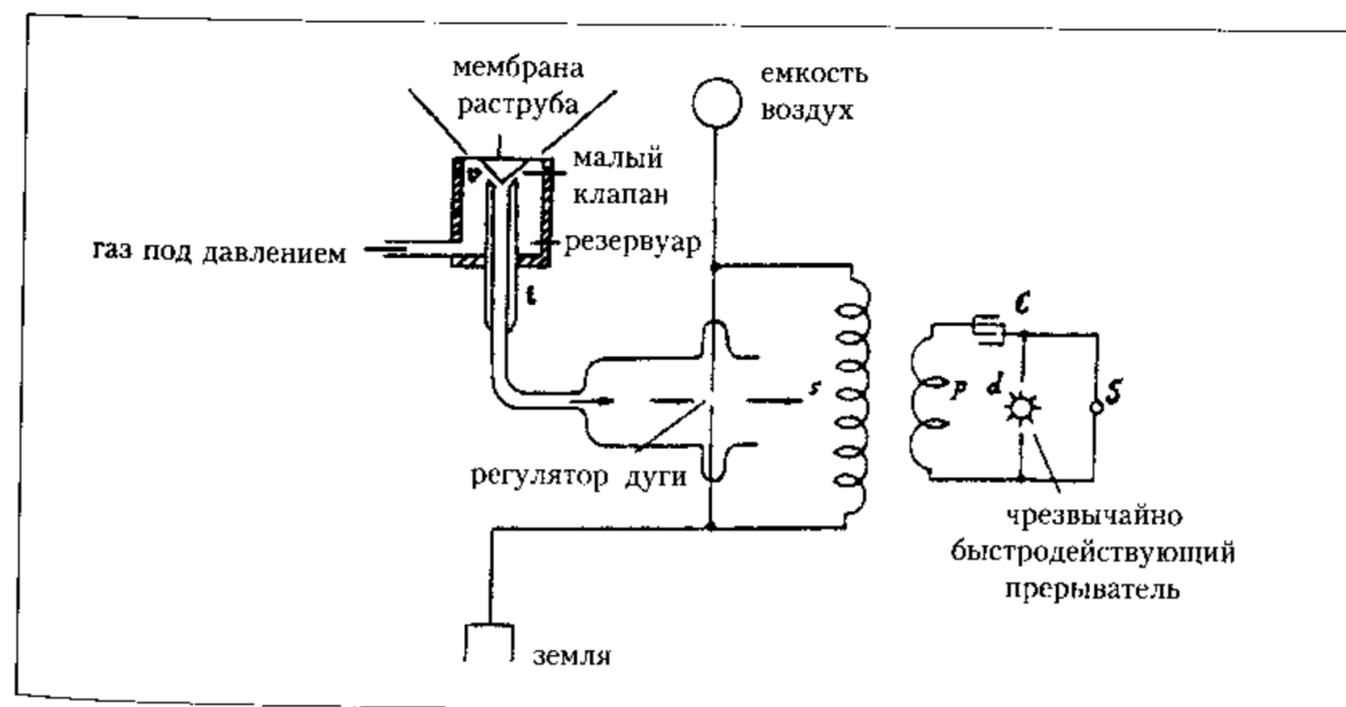
ся и первичный ток, отвлекаясь, нарушает резонанс и существенно ослабляет действие вторичной цепи в соответствии с модуляцией голоса. Таким способом образуются чрезвычайно малые колебания в контактном сопротивлении, производящие значительные изменения интенсивности посылаемых волн. Прерывания в точке d должны происходить в диапазоне частоты, значительно превышающем модуляции голоса.

Колорадо-Спрингс

14 июня, 1899

Следующее устройство, ранее рассмотренное в общем виде, представляется особенно подходящим для беспроводной телефонной связи на расстоянии и для приведения в действие, когда это требуется, мощного аппарата с помощью слабых импульсов, таких, к примеру, что создаются человеческим голосом.

Идея состоит в использовании обычного генератора, работающего от источника постоянного тока, с прерывателем (ртутным или просто воздушным), частота которого значительно превышает вибрации голоса. Во всяком случае, должна быть электрическая дуга или в первичном контуре, или во вторичном, которая будет гаснуть, или сопротивление которой будет в огромной степени возрастать ритмично в соответствии с колебаниями, производимыми голосом или другим источником, в зависимости от обстоятельств. Управление дугой осуществляется при помощи струи воздуха или другого газа, выбрасываемой под давлением из отверстия, раскрытие которого осуществляется каким-либо подходящим способом посредством вибрации. Устройство такого аппарата



показано на схеме, при этом дуга, управляемая таким способом, образуется во вторичном контуре. Источник постоянного тока S заряжает конденсатор C , а его разряды (в очень большом количестве) через прерыватель d и первичный контур p возбуждают вторичный контур s , при этом образуется нормальный контакт в телеграфной связи, о чем я уже говорил. Воздух или газ под давлением регулируются мембраной и клапаном v . Выпускная труба t может навинчиваться, приближаясь к мембране, насколько это необходимо, для получения наилучшего результата. Применяя этот способ или его модификацию, можно заставить работать мощный аппарат от самых слабых волновых движений, таких, которые производит человеческий голос.

Колорадо-Спрингс

15 июня, 1899

Сегодня были проведены первые эксперименты на станции, эдс питающего трансформатора составляла лишь 200 вольт. Прерыватель на диске, вращаемом от мотора «Крокер Уилер» работал с частотой от 800 до 1200 прерываний в сек; ω оказалась приблизительно равной 800 об./мин.

В этих условиях вторичная обмотка трансформатора высокого напряжения, привезенного из Нью-Йорка, могла заряжать емкость от 3 до 4 джар и было невозможно превысить частоту колебаний вторичной системы генератора, поскольку это требовало гораздо больше джар.

Вторичная обмотка находилась на каркасе конической формы и имела 14 витков средней длины, около 130 футов каждый.

Первичный контур состоит из одного витка кабеля, применявшегося в нью-йоркской лаборатории с этой же целью. Он состоит из 37 проводов № 9, покрытых резиновой оболочкой и в оплетке. Подробное описание конструкции будет представлено позднее.

Примечание. Искровые разряды проходили по молниеотводам, вместо того чтобы уходить в землю. Это требует замены системы заземления, чтобы отделить соединение вторичного контура генератора от основания молниеотводов. Искрение прекращается, если вторичный контур соединить с водопроводной трубой, а основание молниеотвода оставить без изменения. Это указывает на плохое заземление молниеотводов. Последние действуют исключительно удачно. Замыкание на землю осуществлялось путем вбивания газовой трубы на глубину около 12 футов и обжигания кокса вокруг нее. Это обычный, применяемый здесь способ.

В этих первых экспериментах были задействованы малые мощности — $1/2 - 3/4$ л. с. Искровой разряд на вторичном контуре был лишь 5" длиной, но очень массивным и сопровождался сильным шумом, что свидетельствует о большой емкости во вторичном контуре. Варьирование длины искрового

разряда в прерывателе не дало значительных изменений. Погода стояла штормовая — с градом и молниями.

Колорадо-Спрингс

16 июня, 1899

Сегодня эксперименты были продолжены. Для нового заземления выкопали яму глубиной 12 футов и поместили на дно медную пластину размером 20" × 20", насыпав на нее, как обычно, кокс. На землю, для ее увлажнения и улучшения контакта, постоянно текла вода, но, несмотря на эти меры, контакт всё-таки был в значительной степени недостаточным. Понятно, что виной тому являются скальные породы и сухость почвы, и я считаю, что многие случаи нанесения ущерба от молнии в этой местности отчасти можно объяснить плохим заземлением. В результате непрерывного поступления воды произошло снижение сопротивления между пластиной заземления и водопроводной магистралью до 14 ом. При повторном соединении пластины заземления и водопроводной магистрали, когда нижний конец вторичного контура был соединен с последней, искровые разряды опять разлетались над разрядниками. Когда соединения с водопроводной трубой не было, они опять прекращались.

Действие волн, распространяющихся через землю, исследовалось с помощью одного точного прибора, описание которого будет дано позднее, и выяснилось, что имеют место мощные колебания, проходящие через землю в лаборатории и вокруг нее. Прибор был специально малочувствительным, чтобы выяснить ситуацию путем сравнения с предыдущими опытами в этом направлении. Он не реагировал, когда его помещали вблизи генератора, и он не был заземлен или соединен с емкостью, но реагировал, будучи удаленным на 200 футов от лаборатории, когда одним выходом был соединен с землей. Он также реагировал по всей длине водопроводной трубы, насколько это возможно, хотя довольно хорошо заземлен. Воздействие на прибор сохранялось всё еще мощным и тогда, когда не было искровых разрядов, исходящих от терминала вторичного контура. Это явное свидетельство в пользу исследований стоячих волн в земле. Пришли к заключению, что сопротивление заземления было всё еще слишком большим. Возможно, оно воздействует на первичный и вторичный контуры в большей степени, чем предполагалось, вследствие образования наведенных токов.

Необходимо провести исследования.

Колорадо-Спрингс

17 июня, 1899

Измерение сопротивления между заземляющим проводом и водопроводной магистралью выявили вызывающий удивление факт, что оно равнялось 2960 ом, и даже после получасового смачивания оно всё еще составляло 2400 ом, но затем, при непрерывающемся увлажнении, оно стало стремительно падать. Очевидно, вода легко проходит сквозь почву, и поскольку она, как правило, чрезвычайно сухая, осуществить надежное заземление очень трудно. Это может оказаться хлопотным делом, поскольку вода должна течь непрерывно. Высокое сопротивление объясняет затруднение, возникшее несколькими днями ранее при получении требуемых колебаний вторичного контура. Первое надежное заземление было явно в нескольких сотнях футов от водопроводной магистрали, питающей лабораторию, которая соединялась с большим подземным водопроводом. Это обстоятельство создало дополнительную длину вторичному проводу, и он таким образом стал слишком длинным для расчетной четверти волны. Ближайшее замыкание на землю было, как показали измерения, на расстоянии 260 футов, и даже оно вызывало сомнения.

Измерение индуктивности первичного и вторичного контуров и взаимоиנדукции

Показания приборов для двух последовательных первичных витков выявили:

$$I = 34, \quad E = 7, \quad R = 0.015, \quad \omega = 716, \quad I = \frac{E}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}}$$

Без учета R^2 мы имеем $\omega L_p = 0.206$ и $L_p = 287000$ см приблизительно.

Для 14 витков вторичного контура на коническом каркасе средняя длина витка равна 130 футам.

$$E = 57.7 \quad \frac{E}{I} = 4.57 \quad \omega^2 L^2 = 16.49 \quad L_s = \frac{4}{716} = 0.056 \text{ генри приблизительно.}$$

$$I = 12.65 \quad \left(\frac{E}{I}\right)^2 = 20.98 \quad \omega L = 4 \text{ приблизительно,}$$

$$\omega = 716$$

или $L_s = 5600000$ см приблизительно.

$$R = 2.12 \quad R^2 = 4.49.$$

Коэффициент взаимоиנדукции 2 последовательных первичных витков:

$$M = \frac{E_p}{\omega I_s} = \frac{6 \times 10^9}{716 \times 10.7} = 783300 \text{ см}$$

$$E_p = 6$$

$$I_s = 10.7$$

$$\omega = 716$$

Это снизит L . Расчет снижения: $L - \frac{M^2}{N} = L \left(1 - \frac{M^2}{NL}\right) = L \times 0.64$

Колорадо-Спрингс

18 июня, 1899

Продолжались эксперименты с генератором, которые выявили, что должных колебаний нет, очевидно, вследствие какого-то фактора, пока еще ждущего своего объяснения. Чтобы выяснить, возникает ли проблема из-за слабой индукции от первичного контура, намотку, примерно, из 500 витков провода № 26, применявшегося несколько раз в экспериментах в Нью-Йорке, на барабане около 30" в диаметре, присоединили к свободному концу вторичного контура, и такая катушка дала огромное увеличение; стримеры около 12" длиной получались на последнем свободном витке даже при слабом возбуждении вторичного контура. Проблема, по-видимому, возникает вследствие внутреннего емкостного сопротивления. Общая длина четверти волны с катушкой была около 2400 футов, что полностью согласуется с прогнозом, который был сделан, исходя из колебаний первичной цепи. Эксперименты с катушкой поразительно ярко демонстрируют преимущество экстра-катушки, как я ее называю, уже отмеченное в ходе экспериментов в Нью-Йорке; то есть катушка индуктивно практически не соединена, но послужила, единственно, для увеличения приложенной электродвижущей силы.

Замеры индуктивности вторичного контура проводились следующим образом: 12 витков на конусообразном каркасе с расстоянием $1 \frac{1}{4}$ " от центра до центра показали:

Ток во вторичном контуре	эдс на зажимах	ω
10.9	74 в	710,

отсюда следует, что L_s' составила 9500000 см.

Данные по взаимоиנדукции:

	эдс на первичном контуре (один виток)	ω
10.9	4.75	710,

в итоге $M' = \frac{E}{I\omega} = 0.00062$ Гн, или 620000 см.

По сравнению с первой намоткой (14 витков на большом расстоянии друг от друга) вторая намотка была лучше, так как и индуктивность была выше, и коэффициент взаимоиנדукции был больше.

Измерение емкости конденсатора по секторам:

Сегодня сверили конденсатор со стандартом в 1/2 микрофарады с помощью шунта и телефонной трубки по методу Максвелла. В конденсаторе 80 секторов, 40 на каждой стороне, которые можно соединять штекерами, как обычно. То есть: 1 + 2₁ + 2₂ + 5 + 10 + 10 + 20 + 30 = 80. Измерения, проведенные г-ном Л., дали результат 0.153 микрофарады на один сектор.

Нуждается в подтверждении.

Колорадо-Спрингс

19 июня, 1899

Чувствительное автоматическое устройство для схем приёмников в телеграфии через естественную среду, цели настройки и т.д.

Colorado Springs June 19, 1899.

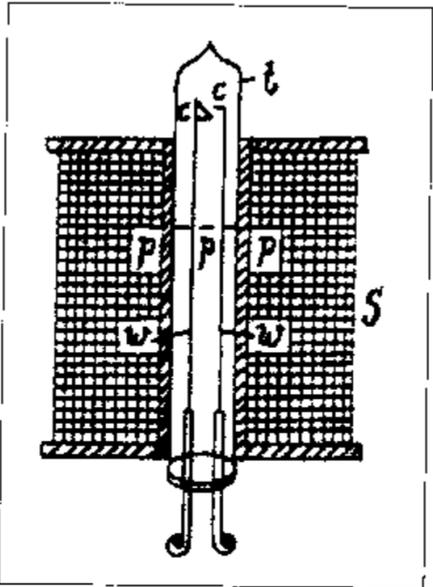
Since have automatic device for receiving signals in telegraph through the natural media, purpose of being...



The device is a simple form - essentially a dipole tube in a metal jacket to use the fact that the air in the tube is a much better conductor of electricity than the air outside. It would act as a natural antenna. The contacts are shaped so that the air in the tube can be used as a relay when the current flows through one of the wires to the other point. The distance between the contacts is such that the air in the tube is a much better conductor than the air outside. The distance between the contacts is such that the air in the tube is a much better conductor than the air outside. The distance between the contacts is such that the air in the tube is a much better conductor than the air outside.

В упрощенном виде устройство представлено на чертеже.

В небольшой стеклянной трубке *t* закреплены два тонких провода *ww* из мягкого железа или стали, имеющие в своей верхней части платиновые контактные точки *cc*. Трубка *t* находится внутри катушки *S* с намотанным на нее проводом. Форма контактных точек позволяет проводам значительно отклоняться, не допуская разъединения на слишком большое расстояние. Когда через катушку *S* проходит ток, провода *ww* разъединены, и расстояние между контактными точками *cc* увеличивается. Разрежение в трубке умеренное. Диэлектрик между контактами находится в напряжённом состоянии под воздействием батареи, как в случае с чувствительным порошком, близком к пробое, и когда возмущение достигает цепи, диэлектрик пробивается в результате усиления напряженности, и ток батареи проходит через катушку *S*, разъединяя зажимы и одновременно прерывая ток батареи. В данном случае предполагается, что точки контакта *cc* и катушка *S*, соединяются последовательно с батареей, но соединение можно выполнять и иными способами, чтобы получить такой же результат, т.е. чтобы ток автоматически прерывался после получения сигнала.



Контактные точки должны находиться очень близко одна к другой и быть заостренными. Предусмотрены стопоры *ppp*, чтобы не допускать смещения проводов *ww* и предупреждать вибрацию после каждого воздействия. Можно поместить добавочную катушку сверху на *S* с целью настройки проводов, тогда точки контакта будут находиться на очень небольшом расстоянии одна от другой, что без труда достигается путем постепенного изменения силы тока, проходящего через добавочную катушку, а автономное реле может быть подключено к схеме любым подходящим способом для регистрации сигналов. Степень разрежения также может быть регулируемой. В первом варианте катушка *S* имела 24 слоя, 94 витка на каждый слой = 2256 витков провода № 21 с сопротивлением 14.7 ома.

Колорадо-Спрингс

20 июня, 1899

Примерный расчет некоторых характеристик установки

С новыми банками емкость составит примерно 0.174 микрофарады, то есть с двумя комплектами конденсаторов, соединенных, как обычно, последовательно.

Пусть на питающем трансформаторе будет 20 000 вольт, тогда мощность каждого импульса составит в черновом расчете

$$\frac{4 \times 10^8 \times 0.174}{2 \times 10^6} = 34.8 \text{ ватт.}$$

Допустим, через первичный контур проходит 1 600 разрядов в секунду, конденсаторы передадут $34.8 \times 1600 = 55680$ ватт, или немногим более 74 л.с. А при десяти тысячах вольт они передадут $74/4 = 18.5$ л.с. Тогда колебания первичного контура составят примерно:

$$T = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{\frac{7 \times 10^4}{10^9} \times 0.174} = \frac{2\pi}{10^5} \sqrt{0.7 \times 0.174} = \frac{2.2}{10^5} \text{ или } \frac{22}{10^6},$$

то есть $n = 45500$ в секунду приблизительно. Такое колебание предполагает лишь один первичный виток.

Длина волны при этих данных составит примерно 4 мили, или 21 120 футов, при этом $\lambda/4 = 5280$ футов. Так как длина каждого витка в среднем равна 130 футам, нам для получения четверти длины волны потребуется $5280/130 = 40$ витков примерно. Или, если использовать два последовательных первичных контура, сохраняя прежнюю емкость, длина волны удвоится и потребуется 80 витков. Пусть будет, предположим, 80 витков, индуктивность вторичного контура не превысит 165×10^6 см. Тогда период вторичного контура составит:

$$T_1 = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{\frac{165 \times 10^6}{10^9} \times \frac{38}{9 \times 10^5}},$$

что предполагает отсутствие внутреннего емкостного сопротивления, или его компенсацию с помощью соответствующей конструкции, и, возможно, образования лишь шара, имеющего 30" в диаметре, или радиус около 38 см, на свободном зажиме вторичного контура. Тогда мы имеем:

$$T_1 = \frac{164}{10^7} \text{ и } N = 61000 \text{ приблизительно.}$$

Но такое колебание не будет соответствовать колебанию в первичном контуре. С целью достижения этого эффекта можно сделать оценку индуктивности вторичного контура. А именно:

$$T = \frac{1}{45500} = \frac{2\pi}{1000} \sqrt{\frac{38}{9 \times 10^5} L_s},$$

где L_s есть требуемая индуктивность вторичного контура.

Отсюда $L_s = 10/32$ генри, или $L_s = 312500000$ см. Допустим, что провод наматывается на ту же катушку, или каркас, и длина остается прежней, тогда необходимое количество витков можно рассчитать, исходя из

$$\frac{165 \times 10^6}{312 \times 10^6} = \frac{6400}{N^2},$$

из чего следует $N^2 = 12102$ и $N = 110$ виткам.

Дополнительно к имеющемуся проводу это может стоить около 250 долларов, а при 80 витках понадобится только 100 долларов. Для поддержания стабильности колебаний вторичного контура потребуется увеличение емкости на свободном зажиме. Обозначим необходимую емкость через C и получим:

$$\frac{1}{45000} = \frac{2\pi}{1000} \sqrt{\frac{165 \times 10^6}{10^9} C},$$

из чего следует, что $C = 67.3$ см.

Шар таких размеров не может образоваться. Если мы применим диск, получим $2r/\pi = 67.3$, $r = 56$ см. Применение диска вряд ли возможно, разве только при малом напряжении, это привело бы к слишком большой утечке.

Все эти оценочные расчеты, несомненно, допускают, что распределенная емкость вторичного контура компенсируется тем или иным способом, например, с помощью последовательно соединенных конденсаторов. Совершенно бесспорно, что колебания вторичного контура будут значительно медленнее.

Колорадо-Спрингс

21 июня, 1899

Анализ различных особенностей применяемого устройства (продолжение)

Имеющийся в наличии питающий трансформатор может давать 26 л.с. Будем исходить из этого энергопотребления, т.е. $26 \times 750 = 19500$ ватт и 1600 прерываний, или зарядов конденсаторов в секунду. Это составит примерно $19500/1600 = 12$ ватт на каждое прерывание. Далее, допустим, что энергия подается с избытком, так что вторичный контур получит чистых 12 ватт на каждый разряд первичного контура. Это означает, что емкость на конце вторичного контура будет получать 1600 зарядов с потенциалом p в секунду. Если C — емкость на свободном конце, мы имеем $12 = p^2/2C$, из чего следует, что $p^2 = 24/C$. Допустим, что C есть сфера с радиусом в 38 см, тогда мы получим

$$\frac{24}{38} = p^2 = \frac{9 \times 10^{11} \times 24}{38},$$

отсюда

$$p = 3 \times 10^5 \sqrt{\frac{240}{38}} = 3 \times 10^5 \sqrt{6.32} = 3 \times 10^5 \times 2.51 = 753\,000 \text{ вольт.}$$

Для вышеприведенного результата необходим приблизительный расчет напряжения первичного контура.

Чтобы получить наименьший показатель эдс, нужно вероятно, соединить конденсаторы параллельно. Это может дать электрическую емкость в $0.174 \times 4 = 0.696$ микрофарады. Обозначим через p_1 эдс первичного контура, необходимую для этого результата, и получим

$$\frac{0.696 \times p_1^2}{2 \times 10^6} = 12.$$

Из этого следует $p_1^2 = 10^9 / 29$ и $p_1 = 6000$ вольт приблизительно (26 л.с. — затраты энергии, 1 600 прерываний в секунду).

Имея такую эдс, допустим, что сопротивление дуги составит 4 ома, тогда через первичный контур пройдет начальный ток силой в 1500 ампер. Исходя из этих допущений, можно рассчитать потери в первичном контуре.

Колорадо-Спрингс

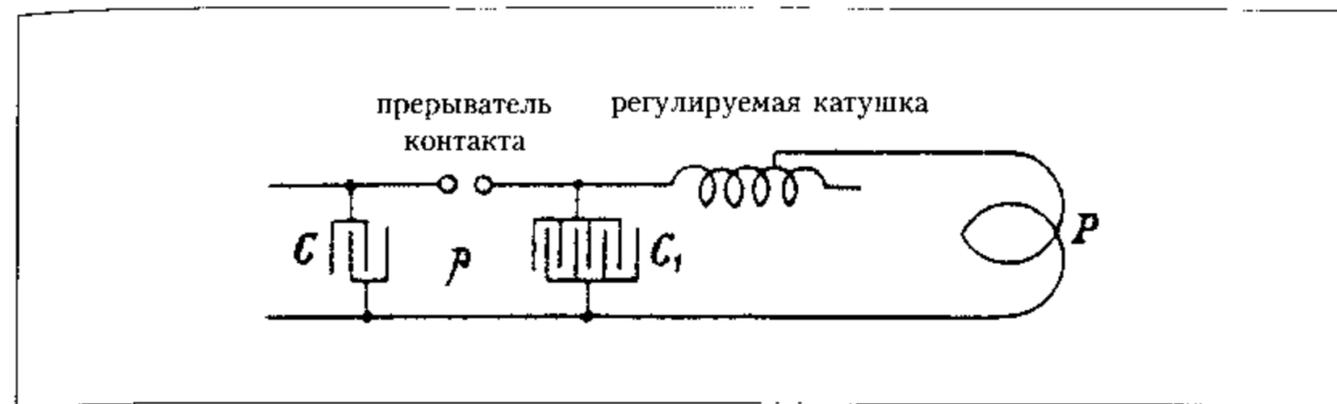
22 июня, 1899

Заказан провод для нового вторичного контура от «Хэбиршоу», № 10 V&S с резиновым покрытием, всего около 11 000 футов (точнее 10 500 футов). Этого достаточно для 80 витков при средней длине каждого 131 фут. Вышеуказанный [провод] № 10 имеет сечение 5.26 квадратных миллиметра, или 5.26/645 кв. дюймов.

100 футов составят $5.26/645 \times 1200 = 9.8$ кубических дюйма. Их вес, из расчета 5.13 унции на кубический дюйм, составит $5.13/16 \times 9.8 = 3.14$ фунта.

Соответственно, 11 000 футов будут весить 345.4 фунта. К тому же на вторичный контур уйдет меньше меди, чем на два витка первичного контура. С двужильным проводом во вторичном контуре мы будем иметь 40 витков, а с четырехжильным (для быстрочередующихся колебаний) 20 витков. Вес меди, должно быть, останется прежним, и какую-то часть провода № 10 можно использовать на первых нижних витках.

Были испытаны некоторые приспособления, главным образом, с целью продления колебаний в первичном контуре после каждого прерывания. Одно из них было таким, как показано на схеме.



Конденсатор C_1 был установлен параллельно первичной цепи p . Поскольку в такой цепи не было искрового промежутка, а сопротивление незначительное, колебания после каждого прерывания длились намного дольше, чем при обычном соединении. Любопытной особенностью явилась точность настройки. Это, по-видимому, обусловлено тем фактом, что есть две цепи, или две отдельные частоты, которые должны в точности согласоваться. Искровые разряды были сильными на зажимах вторичного контура во всех случаях, когда $C = aC_1$, где a есть целое число, и особенно когда $a = 2$ или 4 .

Такая компоновка осуществлена в Нью-Йорке на одном из более поздних типов генератора колебаний, при этом были отмечены аналогичные результаты.

В этой схеме были потери в цепи p , поскольку этот участок не имел индуктивной связи с цепью P . Особенностью модифицированной схемы было включение в цепь p одного или более витков первичного контура P или автономных витков, которые оказывали индуктивное воздействие на вторичный контур.

Было опробовано и другое приспособление, предназначенное для этой же цели. Оно состояло из двух питающих первичных контуров, одного



независимого от прерывателя, а просто зашунтированного конденсатором, как показано на схеме внизу (с. 45). Оно также подвергалось экспериментальному испытанию в Нью-Йорке, и оказалось, что хорошо работает, когда число прерываний очень мало. Когда размыкание происходит в очень быстром темпе, большой разницы нет. В процессе регулировки сначала осуществлялась настройка CP' на колебания контура CP , затем проводилась настройка вторичного контура.

Это следует довести до конца.

Колорадо-Спрингс

23 июня, 1899

Примерный расчет индуктивности регулятора, доставленного из Нью-Йорка для подключения к первичному контуру

Размеры: диаметр барабана $12'' = 30.48$ см
 длина барабана $18'' = 45.72$ см
 число витков $= 24$

Зона, покрываемая одним витком, $\pi/4 d^2 = 730$ кв. см, отсюда

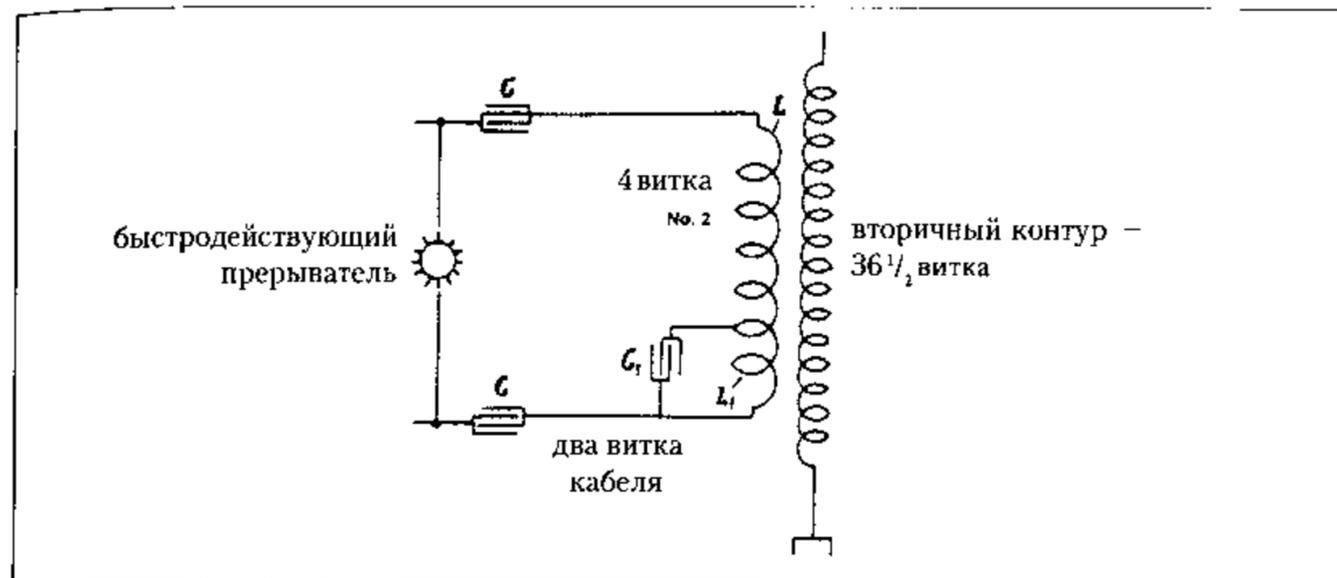
$$L = \frac{4\pi N^2 S}{l} = \frac{12.57 \times 576 \times 730}{45.72} =$$

$$= 0.275 \times 576 \times 730 = 115600 \text{ см.}$$

Исходя из этого, по приблизительным расчетам, мы можем охватить $115600/24 = 4800$ см одним витком. Это может оказаться слишком много, так как витки толстые и отстоят далеко один от другого. Согласно формуле Лангевина $L_s = \ell^2/l$. Здесь ℓ означает общую длину провода, равную $30.5 \times 3.1416 \times 24 = 2300$ см приблизительно.

Отсюда находим значение $L' = 2300^2/45.72 = 5290000/45.72 =$
 $= 115700$ см, что удивительно близко.

Были продолжены эксперименты с генератором колебаний и с вторичным контуром из $36 \frac{1}{2}$ витка. Были опробованы многие варианты компоновок с дополнительными конденсаторами, один из которых показан в качестве примера на схеме. Все они были, главным образом, направлены на продление колебаний в первичном контуре после каждого размыкания, а также на достижение более точной настройки потоков. При использовании дополнительных конденсаторов таким образом получают цепи, не имеющие искрового промежутка, в котором коэффициент затухания крайне мал, а коэффициент нарастания очень большой.



При такой компоновке для достижения оптимального результата необходимо было добиться соотношения $C/2L = C_1L_1$, или $L_1 = L/4$, $C_1 = 4 \times C/2$.

Резонанс получен при 15 джар на каждой стороне, с 6-ю витками первичного контура. С 4-мя витками первичного контура было бы необходимо $15 \times 36/16 = 34$ джар или около того. На толстом кабеле — около 68 джар (для справки).

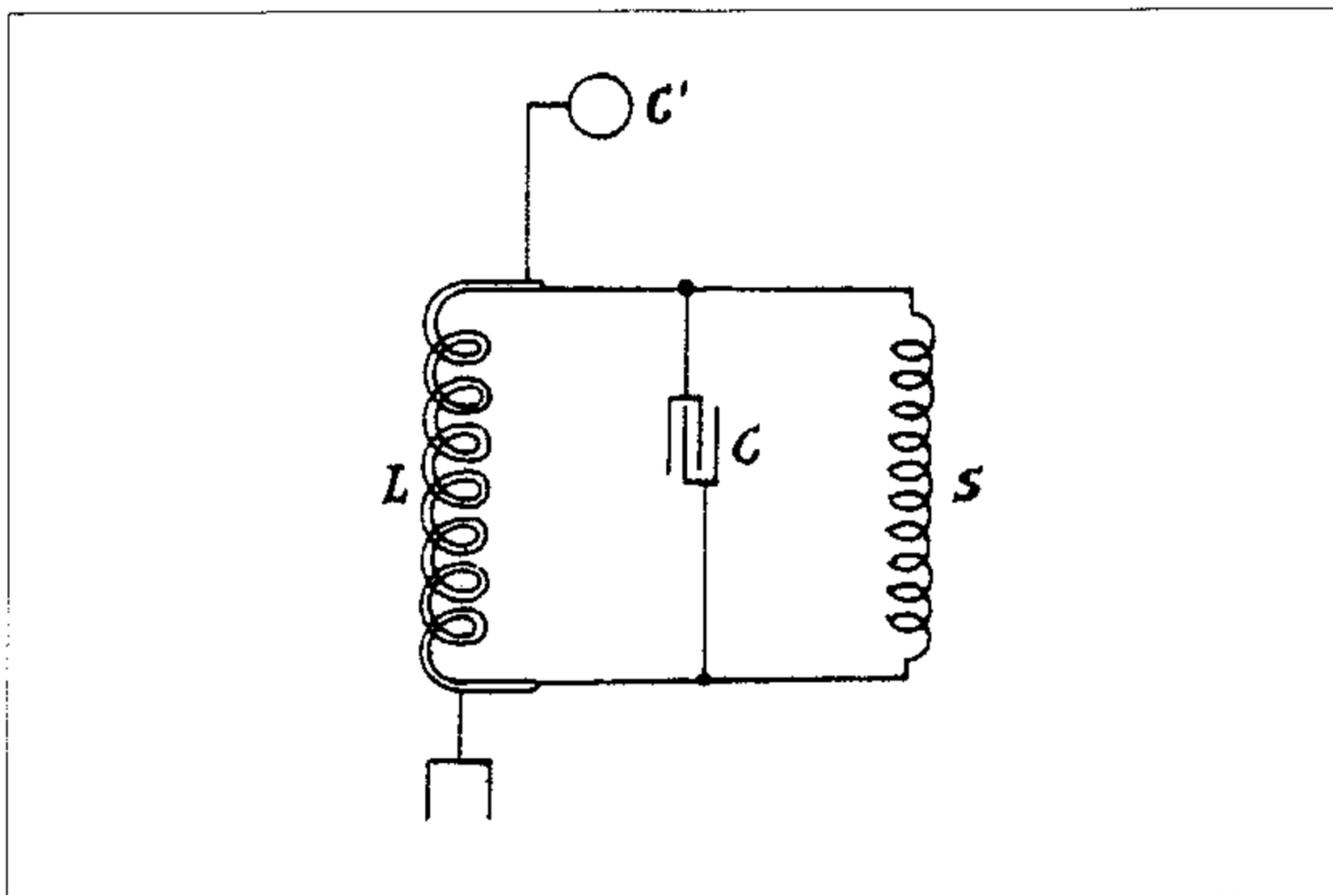
Примечание. С такими схемами было опробовано несколько значений колебаний. При некоторых из них отмечалась острая настройка, при этом хватало бы одного витка регулирующей катушки, чтобы полностью разрушить эффект, или чтобы создать огромный рост напряжения.

Конденсаторы часто разрушались при внезапном повышении напряжения во время ручной настройки регулирующей катушки.

Колорадо-Спрингс

24 июня, 1899

Схема создания токопроводящей дорожки с предельно низким сопротивлением, служащей для образований резонансных цепей и других целей, дает возможность добиться результатов, которых невозможно получить иным путем. Проект основан на моем наблюдении, что при прохождении разряда достаточной интенсивности, желательной высокой частоты, через разреженный газ, его сопротивление можно настолько уменьшить, что оно будет намного ниже сопротивления самых лучших проводников. Таким образом, непосредственно через колбу с сильно разреженным газом можно пропустить огромное количество энергии и добиться, чтобы токи предельно возможной силы, которые не могут проходить по медному проводу из-за его сопротивления и импеданса, пронизывали разреженный газ. Теперь можно планировать создание схемы, состоящей из столба разреженного газа, нагретого до очень яркого



свечения от дополнительного источника, с тем чтобы его сопротивление было ничтожно малым при прохождении тока, а также применение такого столба в определенных случаях. Чтобы проиллюстрировать осуществление этой идеи в телеграфии, обратимся к схеме, в которой S — источник колебательных токов желательной высокой частоты, C — конденсатор, шунтирующий его, L — спиралевидная стеклянная трубка с разреженным газом, который поддерживается в высокой степени возбуждения. Проводник L , как например в моей установке, подключен к заземлению и емкости, поднятой над землей. Токи от удаленного передатчика, имеющие ту же самую частоту, направляются по этой цепи и вызывают большое нарастание эдс на зажимах проводника L , которая далее может быть использована разными способами для воздействия на приемный аппарат.

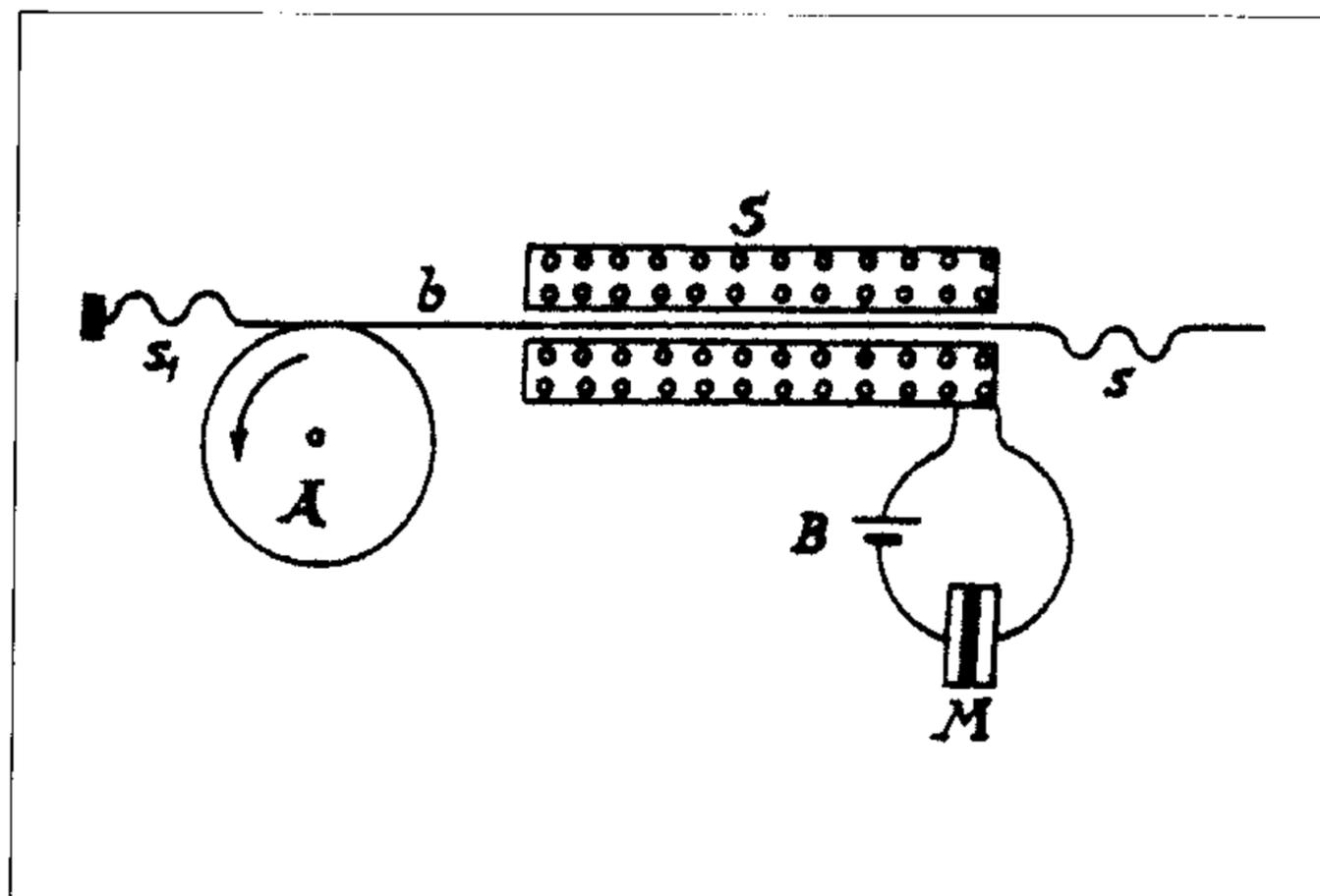
Довести до конца.

Колорадо-Спрингс

25 июня, 1899

Приведенная ниже схема может эффективно применяться для усиления сверхмалых колебаний, например таких, которые возникают в процессе действия микрофона. Допустим, что на вращающейся или на перемещающейся поверхности железа (отполированной или отшлифованной) установлена щетка из мягкого железа, стали или, в крайнем случае, из любого магнитного

материала, имеющего такую поверхность, чтобы при контакте с перемещающейся поверхностью возникало определенное трение, и щетка смещалась в направлении движения поверхности. Можно использовать пружину, чтобы оттягивать щетку назад, препятствуя сцеплению, и удерживать ее в положении неустойчивого равновесия. Пусть теперь щетка или поверхность будут просто немного намагничены, тогда сцепление между магнитоактивными поверхностями чрезвычайно возрастет, и щетку потащит вперед с огромной силой. Незначительное колебание степени намагниченности поверхности может, таким образом, в большой степени изменять силу, действующую на щетку, и перемещения последней можно использовать в самых разных целях, например, в громкоговорящей телефонии, или для усовершенствования «беспроводного телефона», других или подобных проектов. В качестве примера приведена простая модель прибора. A — быстровращающийся цилиндр с отполированной железной поверхностью, если он не полностью железный; b — небольшая штанга или щетка, опирающаяся на цилиндр, также из мягкого железа. Легкая пластина или штанга удерживается в состоянии равновесия с помощью дифференциальной пружины SS_1 , таким образом, что она слегка касается цилиндра A . S есть соленоид, получающий питание от батареи B , соединенной последовательно с микрофоном M . При работе с микрофоном штанга b будет совершать колебания назад и вперед, а движение штанги может управлять работой любого другого прибора, например, клапана или микрофона.



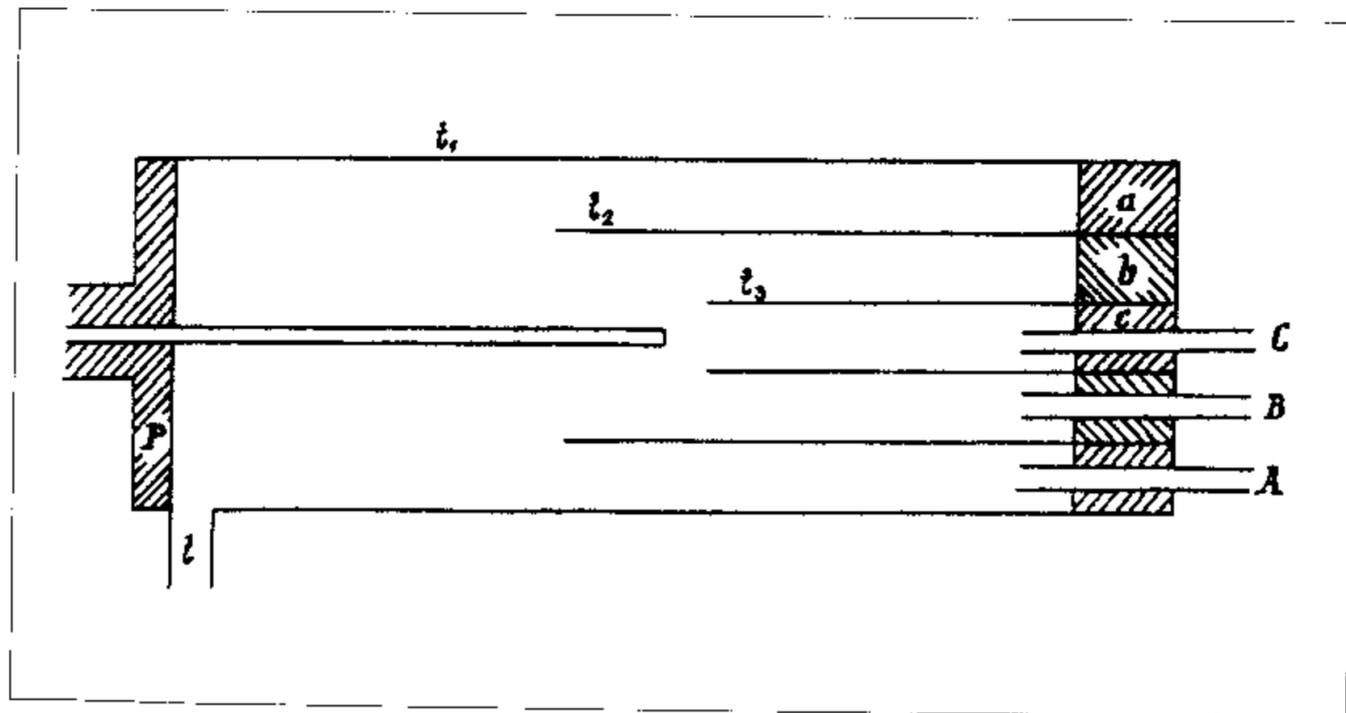
Колорадо-Спрингс

26 июня, 1899

Для практического осуществления давнишней идеи разделения газовых смесей путем применения чрезвычайно высокой электродвижущей силы применимо описываемое ниже устройство с генератором нового типа.

Три трубки t_1 , t_2 , t_3 (полагаю, этого количества будет достаточно) вставлены одна в другую, и при этом они не соприкасаются благодаря изоляционным пробкам adc . В этих пробках закреплены отводные трубки ABC для выведения различных разделенных газов в резервуары, где их можно подвергнуть сжатию. При этом нужно иметь в виду, что требуется достижение определенной степени разрежения на отводных трубках, иначе смесь будет нагнетаться под определенным давлением через трубку t , предназначенную для впускания смеси. Вывод высокого напряжения t проходит через изоляционную пробку P и закрепляется внутри наибольшей трубки t_1 . Частицы газа, вступающие в контакт с активным терминалом, отбрасываются с большой силой и отлетают на различные расстояния в зависимости от их размера и веса, причем, в отличие от большинства других водород — на большее расстояние. Более легкий элемент, если таковой окажется, следовательно, через трубку A , более тяжелые и крупные молекулы, что наиболее вероятно, [пройдут] через другие трубки. При повторных прохождениях пропущенных через прибор газов можно добиться любой степени очистки или разделения.

Примечание. В этом приборе предпочтительнее применять модель генератора колебаний с ртутным прерывателем, получающим питание от источника постоянного тока, так что сила, действующая на t , будет совершенно однонаправленной. Любой другой генератор, развивающий необходимую эдс, должен, однако, привести к такому же результату.



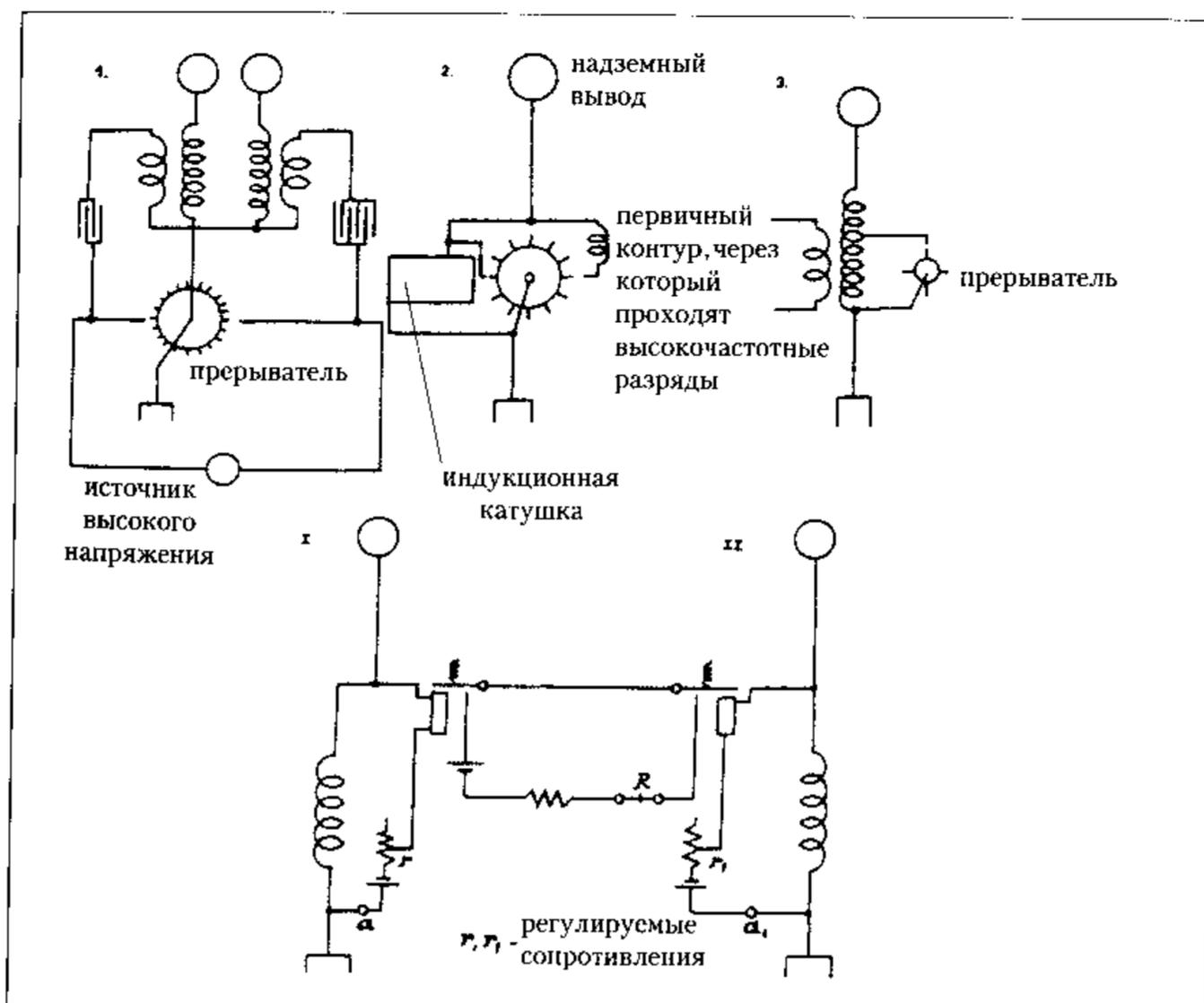
Колорадо-Спрингс

27 июня, 1899

Компоновки аппарата телеграфной связи, осуществляемой через природную среду, с целью исключения оператора по методу, опробованному экспериментально в Нью-Йорке

Он не так хорош, как метод с применением конденсатора и коммутатора единичных импульсов, но тем не менее может гарантировать полную надежность. Идея состоит в том, чтобы ввести дополнительный синхронизирующий контур, с тем чтобы работа приемного устройства зависела более чем от одного такого контура. Эксперименты доказали, что с двумя контурами достигается большая степень надежности. Считаю, что с тремя помехи в приемнике едва ли возможны, когда колебания не имеют общих частот, очень близких к основному тону. Приводим несколько схем компоновок, опробованных экспериментально.

Подлежит дальнейшей разработке.



Схемы 1, 2 и 3 иллюстрируют устройства аппаратов на передающих станциях, с помощью которых можно добиться двух колебаний различной частоты. Бóльшее количество опущено ради простоты. В первом случае предусмотрены два передающих контура, расположенных на некотором расстоянии и получающих питание поочередно от разряжающихся конденсаторов подходящей емкости через соответствующие первичные цепи. В схемах 2 и 3 один передающий контур расположен таким образом, что его период изменяется путем подключения катушки индуктивности, как во 2-й схеме, или путем периодического закорачивания части контура с помощью автоматического устройства. Его не обязательно применять, впрочем, компоновки такого рода будут проиллюстрированы позднее. На принимающей станции два синхронизированных контура, реагирующие на колебания — каждый на одно — передатчика. Приемник R отзывается, только когда оба контура I и II воздействуют на чувствительные устройства aa_1 . Схемы не требуют пояснений.

Колорадо-Спрингс

28 июня, 1899

Приблизительный расчет вторичного контура с 20 витками на упомянутом выше коническом каркасе на основе данных вторичного контура с 36 витками на таком же каркасе

В последнем случае между проводами — 3 канавки, в первом — 7.

По приблизительным расчетам, при условии сохранения C вторичного контура с 36 витками, емкость вторичного контура с 20 витками составит:

$$C_1 = \frac{20}{36} \times \frac{3}{7} C = \frac{60}{252} C = \frac{20}{84} C = \frac{10}{42} C = \frac{5}{21} C,$$

а индуктивность L_1 вторичного контура с 20 витками по сравнению с L вторичного контура с 36 витками составит:

$$L_1 = \left(\frac{20}{36}\right)^2 \times \frac{36 \times 3}{20 \times 7} L = \left(\frac{5}{9}\right)^2 \times \frac{27}{35} L = \frac{675}{2835} L.$$

Тогда $L = 383 \times 10^5$ $C = 1200$ см.

Следовательно, $C_1 = 5/21 \times 1200 = 290$ см,

$$\text{а } L_1 = \frac{383 \times 675}{2835} \times 10^5 = 9 \times 10^6 \text{ см.}$$

$$\text{Отсюда } T = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{\frac{290}{9 \times 10^5} \times \frac{9 \times 10^6}{10^9}} = \frac{107}{10^7} \text{ приблизительная величина периода}$$

второго комплекса (ориентировочно), а $n = 10^7 / 107 = 93458$ в секунду.

Тогда длина провода для 20 витков, при 139 футах на виток, составит 139×20 футов. Отсюда $\lambda = 11120$ футов, или $\lambda/4 = 2780$ футов, а это соответствует $n = 90000$ приблизительно.

Вместе с емкостью шара диаметром 38 см получим общую емкость, равную $290 + 38 = 328$ $\sqrt{328} = 18.11$ $\sqrt{290} = 17$ приблизительно. Следовательно, добавление шара будет уменьшать колебания вторичного контура с коэффициентом $17/18.11$, или $17/18.11 \times 93460 = 88000$ приблизительно. Это, вероятно, будут слишком быстрые колебания, наиболее подходящие для данного устройства, так как в этом случае нам понадобятся только 4 джар с каждой стороны первичного контура.

С дополнительной катушкой емкостью в 1500 см, присоединенной последовательно со вторичным контуром к свободному терминалу, емкость может составить $1500 + 290 = 1790$, то есть примерно в 6 раз больше, чем раньше. Тогда колебания будут замедляться приблизительно в $\sqrt{6} = 2.5$ раза медленнее, около 37400 в секунду. Это более реально.

Колорадо-Спрингс

29 июня, 1899

Сегодня было проведено первое настоящее испытание новой вторичной обмотки с 36 витками. В качестве провода использовался шнур № 10, витки были проложены с интервалом в два паза. Расстояние между проводами приблизительно $1 \frac{7}{8}$ ".

В условиях первых экспериментов получены колебания: приблизительная индуктивность вторичного контура около 5×10^7 см. Дополнительная катушка подсоединена к свободному концу вторичного контура, она имеет 240 витков, длина каркаса 6 футов, диаметр 2 фута. По приблизительным расчетам, самоиндукция катушки составила около 10^7 см.

$$\begin{aligned} A &= 2900 \text{ кв. см} \\ N &= 240 \text{ витков} \\ l &= 183 \text{ см} \end{aligned} \quad l = \frac{2900 \times 240^2 \times 4\pi}{183} = \frac{576 \times 29 \times 10^4 \times 12.57}{183} =$$

$$= 1140 \times 10^4 = 114 \times 10^5, \text{ при грубом приближении } = 10^7.$$

Длина волны должна составить (без учета емкости):

$$4 \times [5280 \text{ (с)} + 1440 \text{ (каркас)}] = 4 \times 6720 = 26880 \text{ футов, или около 5 миль.}$$

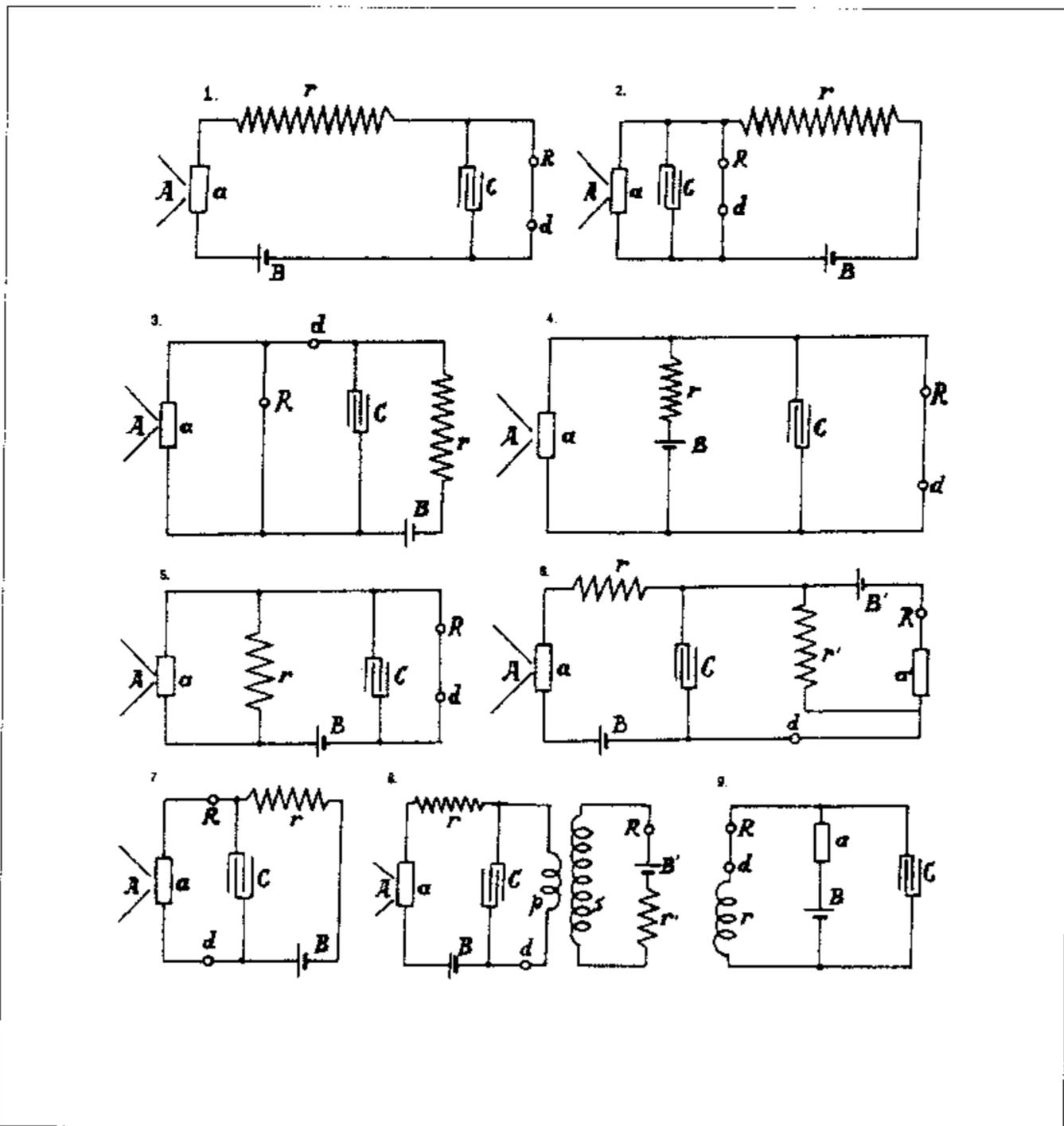
Чтобы вызвать волну такой длины, первичный контур должен совершать фактически $187000 : 5 = 37400$ колебаний в секунду (то же самое число было получено ранее).

Расчет емкости C_p :

$$\frac{1}{37400} = \frac{2\pi}{1000} \sqrt{LC_p} = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{\frac{7 \times 10^4 \times C_p}{10^9}} = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{\frac{7 \times C_p}{10^5}}$$

$$\frac{1}{374} = \frac{2\pi}{10^3} \times 0.84 \sqrt{C_p}, \quad \sqrt{C_p} = \frac{10^3}{2\pi \times 0.84 \times 374} = \frac{1000}{1975},$$

или 0.5 приблизительно. $C_p = 0.7$ микрофарды.



Компоновки экспериментальных схем для опробования конденсаторного метода (этим занимается Киртис)

Это, вероятно, потребует $0.7/0.003$ джар = 233 джар с двумя первичными витками при параллельном соединении и $233/4$ или около 58 джар вместе с двумя первичными витками при последовательном соединении. Так как не удалось получить такое количество джар, то, очевидно, можно добиться лишь более высокой частоты колебаний. Этим объясняются первые неудовлетворительные результаты.

Колорадо-Спрингс

30 июня, 1899

Простейшие формулы, применяемые для грубой оценки часто требуемых величин

В формуле $T = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{LC}$, L измеряется в генри, но обычно требуется в см, поэтому можно использовать:

$$T_1 = \frac{2\pi}{10^3 \times 10^4 \sqrt{10}} \sqrt{LC} \text{ приблизительно, } L \text{ в см;}$$

$$T_1 = \frac{2}{10^7} \sqrt{LC}, \quad C \text{ в микрофардах} \quad 1)$$

из $L = T_1^2 \times 10^{14} / 4C$ мы получаем

$$C = T_1^2 \times 10^{14} / 4L. \quad 2)$$

При расчете количества колебаний для C мы имеем $C = n \times 0.003$, следовательно $n = T_1^2 \times 10^{17} / 12L$, 3)

а при расчете λ в милях вместо T_1 , при этом $T_1 = \lambda / 187000$, мы имеем:

$$\lambda = \frac{374}{10^4} \sqrt{LC},$$

или, поскольку обычно требуется $\lambda/4$,

$$\frac{\lambda}{4} = \frac{93.5}{10^4} \sqrt{LC} \quad 4)$$

Результаты получены в ходе экспериментов с генераторами в $36 \frac{1}{2}$ витка и дополнительной катушкой.

Дополнительная катушка, как показала нью-йоркская установка, является отличным средством получения избыточной электродвижущей силы. Но

особенность такова, что для получения независимых колебаний такой катушки ее энергия должна быть очень большой по отношению к возбуждающим колебаниям. Когда такое соотношение имеет место, свободные колебания проявятся заметно и без усилий. Но когда возбуждающие колебания очень большие, а собственная энергия катушки мала, свободные колебания не могут проявиться с легкостью. Так же, как в механике. Маятник с большой инерцией относительно сообщаемого импульса качается строго в соответствии со своим периодом, а когда сообщаемый импульс очень велик, колебание маятника, соответственно, затруднено, так как в этом случае сообщаемый импульс оказывает в той или иной степени угнетающее действие. В этом я вижу отличие от усиливающего фактора (добротности), который зависит от [соотношения] pL/R .

Очевидно, что для достижения наилучшего результата при таком возбуждении дополнительной катушки должны совпадать три частоты колебаний: катушки, вторичного контура и объединенной системы. Принимая во внимание вышесказанное, катушку индуктивности лучше помещать между вторичным контуром и дополнительной катушкой, чтобы последнюю сделать свободной, когда возбуждающие колебания слишком мощные, чтобы катушка могла без затруднений производить свободные колебания.

Далее в ходе экспериментов выяснилось, что было бы, вероятно, полезно иметь некоторую индуктивность в искровом промежутке первичного контура. Это требует проверки. Применение конденсаторов, соединенных последовательно с источником питания вторичного контура, полезно в некоторых случаях, но не в тех, когда колебания вторичного контура входят в резонанс с колебаниями первичного. Тогда цепь вторичной обмотки питающего трансформатора становится короткой, а искры громкими и резкими.

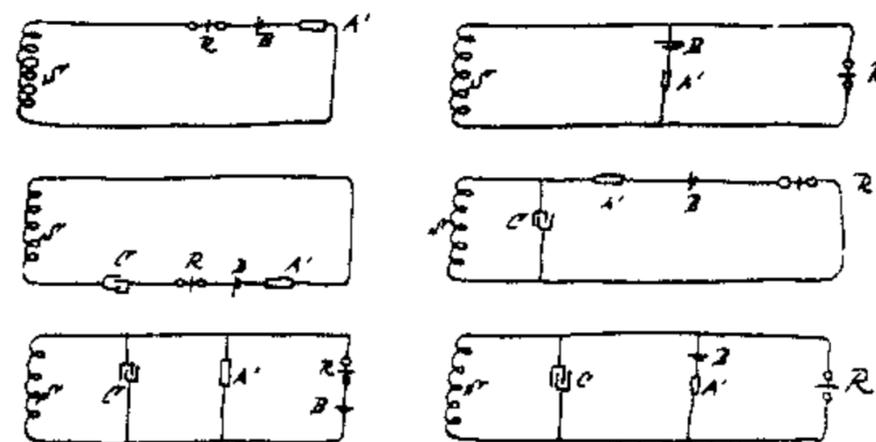
2

КОЛОРАДО-СПРИНГС ДНЕВНИКИ 1-31 ИЮЛЯ, 1899

К этому следует добавить две заявки, поданные вместе с Куртисом, и другие патентные материалы, большей частью зарубежные.

Colorado Springs July 1, 1899.

Previous way of connecting apparatus was applying induced action of secondary effect. The charging & discharge of condenser is controlled by the spark transformer through the network and the condenser discharge is found through the primary of the secondary transformer. The diagram below show various arrangements with the network & the secondary of the transformer.



In these arrangements the primary is not shown. The other end of the secondary is connected to the ground & any way but in these

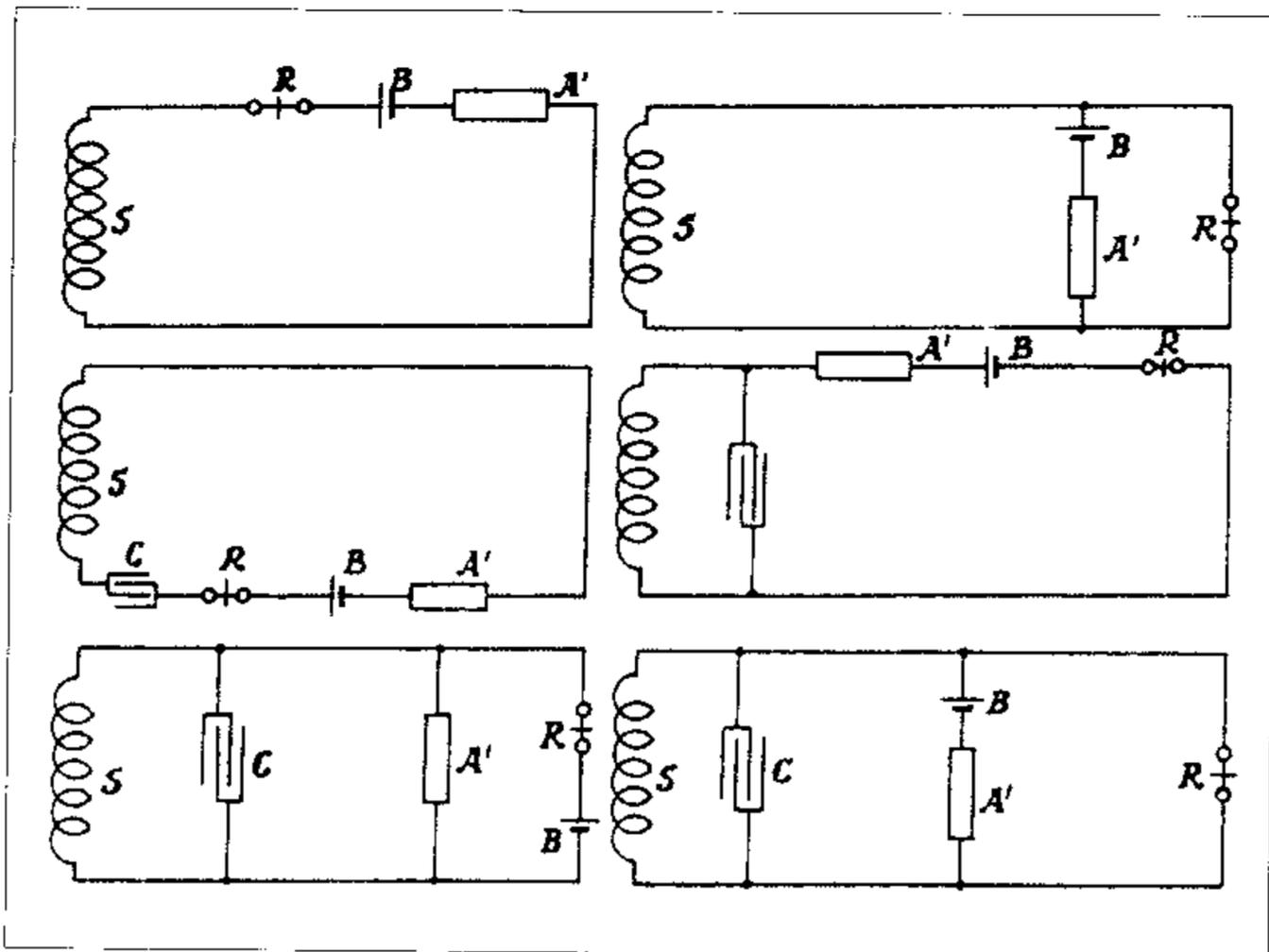
Колорадо-Спрингс

1 июля, 1899

Различные способы соединения приборов с применением конденсаторного метода усиления колебаний

Заряд или разряд конденсатора регулируется воздействиями, передаваемыми через среду, а разряды конденсатора проходят через первичный контур трансформатора генератора. Приводимые ниже схемы демонстрируют различные компоновки приборов во вторичной цепи трансформатора.

В этих компоновках не показан первичный контур. Имеется в виду, что он каким-либо способом включен в цепь, но таким, чтобы заряд или разряд конденсатора управлялись чувствительным устройством, воспринимающим слабые воздействия, которые должны быть усилены. В приведенных схемах S — вторичный контур трансформатора генератора, B — батарея питания чувствительного устройства во вторичном контуре, A' — чувствительное устройство, R — точное реле (магнетик), C — конденсатор во вторичной цепи. Не представленная здесь первичная цепь включает в себя чувствительное устройство, батарею, конденсатор и прерыватель. Такой способ с двумя чувствительными устройствами весьма надежен.



Колорадо-Спрингс

2 июля, 1899

Размышления по поводу лучших условий работы аппаратуры экспериментальной станции, особенно в отношении стоячих волн на земле, которые будут исследоваться

Первая исходная посылка, положенная в основу расчетов других элементов, основана на выборе длины волны возмущений. В удачно спроектированном приборе этот показатель определяется соотношением $\lambda/4$, или длиной вторичной обмотки. Индуктивность провода также определяется выбором размеров и формы катушки, следовательно, L_s и λ известны. Для лучшей работы вторичной цепи мы должны иметь на свободном зажиме емкость, полностью нейтрализующую индуктивность вторичного контура. В этом случае

$$C_s = \frac{L_s}{R_s^2 + p^2 L_s^2}$$

Поскольку сопротивление должно быть ничтожно малым, мы имеем $C_s = 1/p^2 L_s$, тогда p определяется заданной λ . Следовательно, исходя из вышеприведенного уравнения, находим C_s . Кроме того, для получения лучших результатов необходимо также сохранить прежние соотношения между p , L_p и C_p , тогда $C_p = 1/p^2 L_p$, где C_p и L_p есть емкость и индуктивность первичного контура. Из этого вытекает соотношение между C_s , C_p , L_s , L_p . А именно,

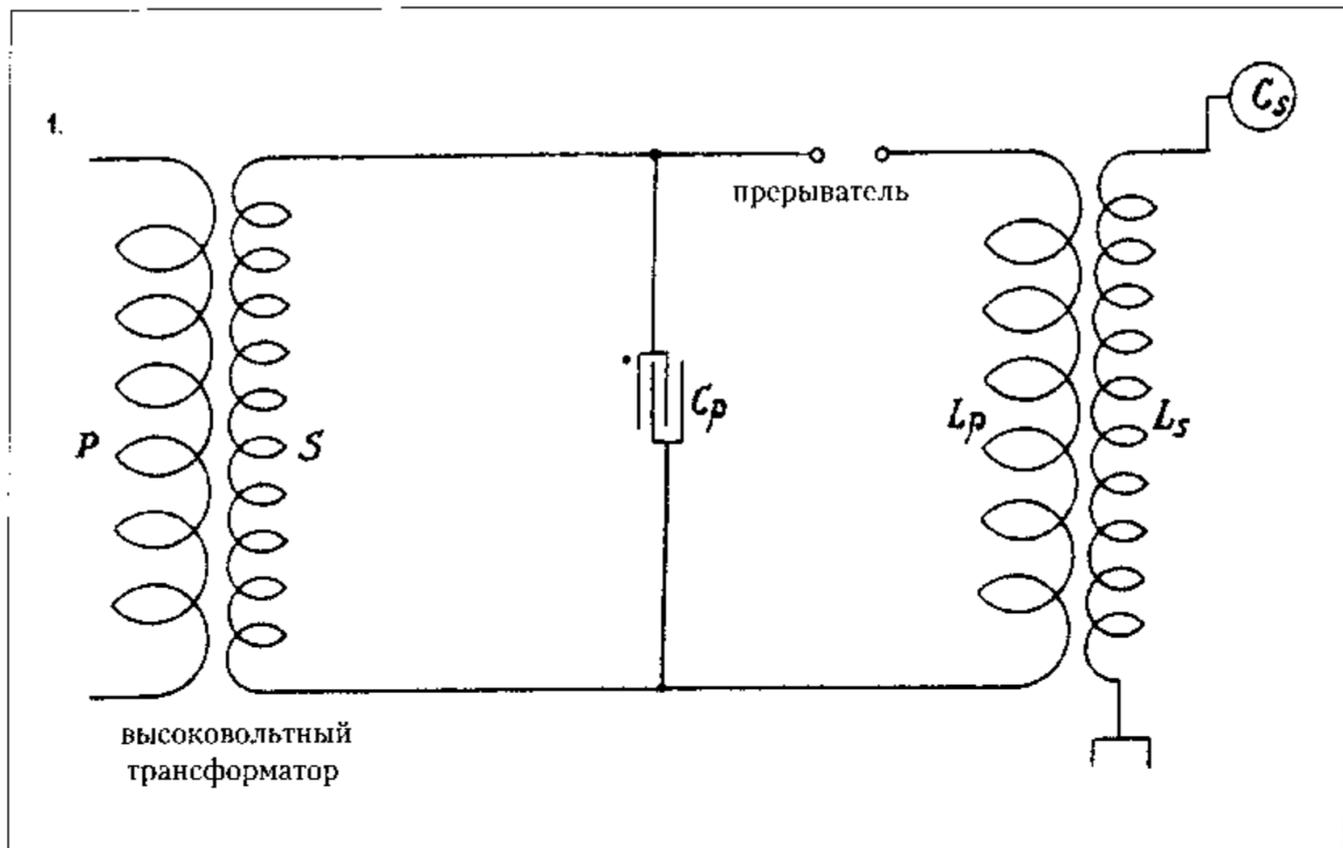
$$C_s = \frac{1}{p^2 L_s}$$

а так как $p^2 = \frac{1}{L_p C_p}$, мы имеем $C_s = \frac{1}{L_s \frac{1}{L_p C_p}} = \frac{L_p C_p}{L_s}$ или, упростив выражение, $L_s C_s = L_p C_p$. I

Это применимо к достаточно простому случаю, подобно представленному здесь, который был одним из первых в ряду компоновок.

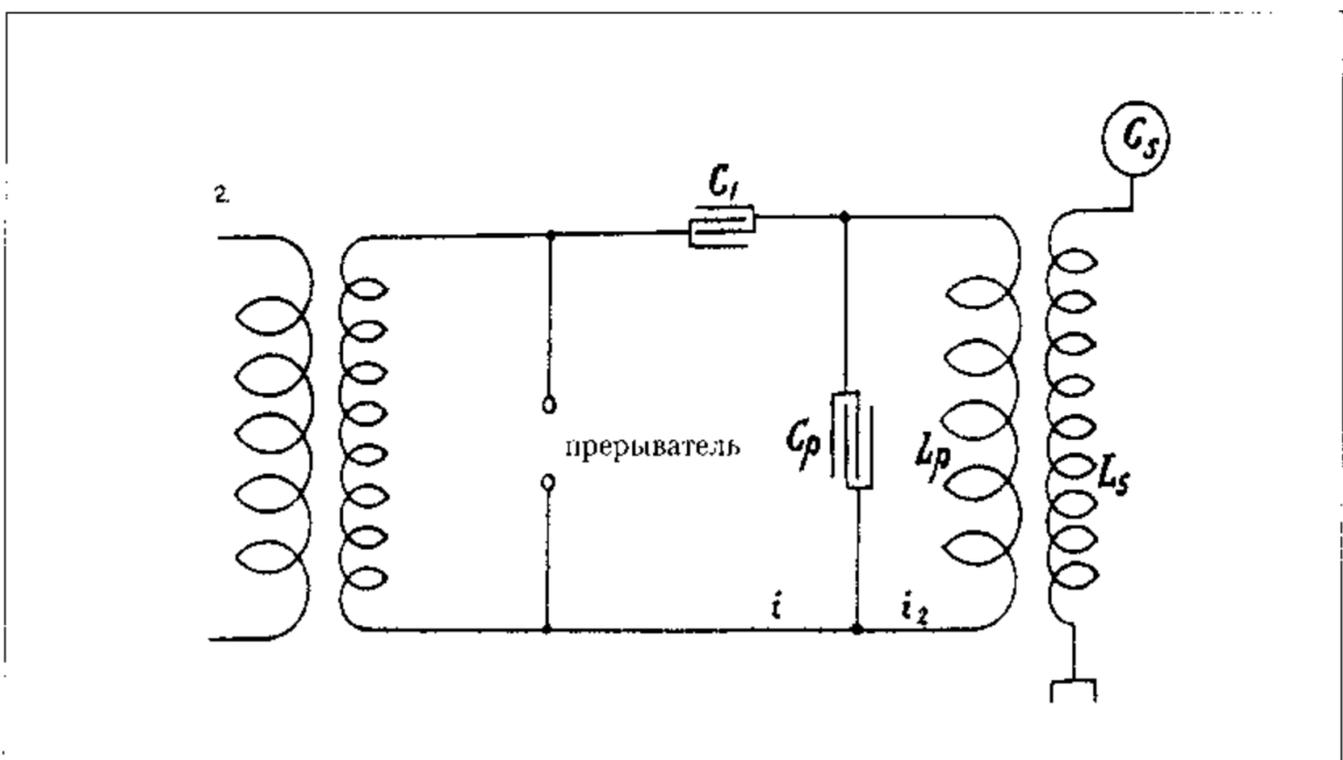
Приведенная схема соединений имеет то преимущество, что разрядный ток первичного контура проходит через разрыв, при этом сопротивление велико, следовательно, колебания быстро затухают и, кроме того, имеет место большой ток, идущий через прерыватель, что затрудняет надежную работу последнего. Для продления колебаний в первичном контуре и увеличения экономичности можно прибегнуть к рассмотренным выше схемам. Одна из них представлена на чертеже 2, из чего следует:

в этой схеме токи, проходящие через прерыватель, значительно меньше, и колебания, вызываемые действием прерывателя, в цепи $L_p C_p$ длятся гораздо дольше. Теперь мы можем определить величину токов i_1 , i_2 . Исходя из



сказанного емкость $C_p = \frac{L_p}{R_p^2 + p^2 L_p^2}$, или примерно $C_p = \frac{1}{p^2 L_p}$, по-прежнему

без учета сопротивления.



Тогда мы получим

$$\frac{i_2}{i} = \sqrt{\frac{R_p^2 + p^2 L_p^2}{R_p^2}}$$

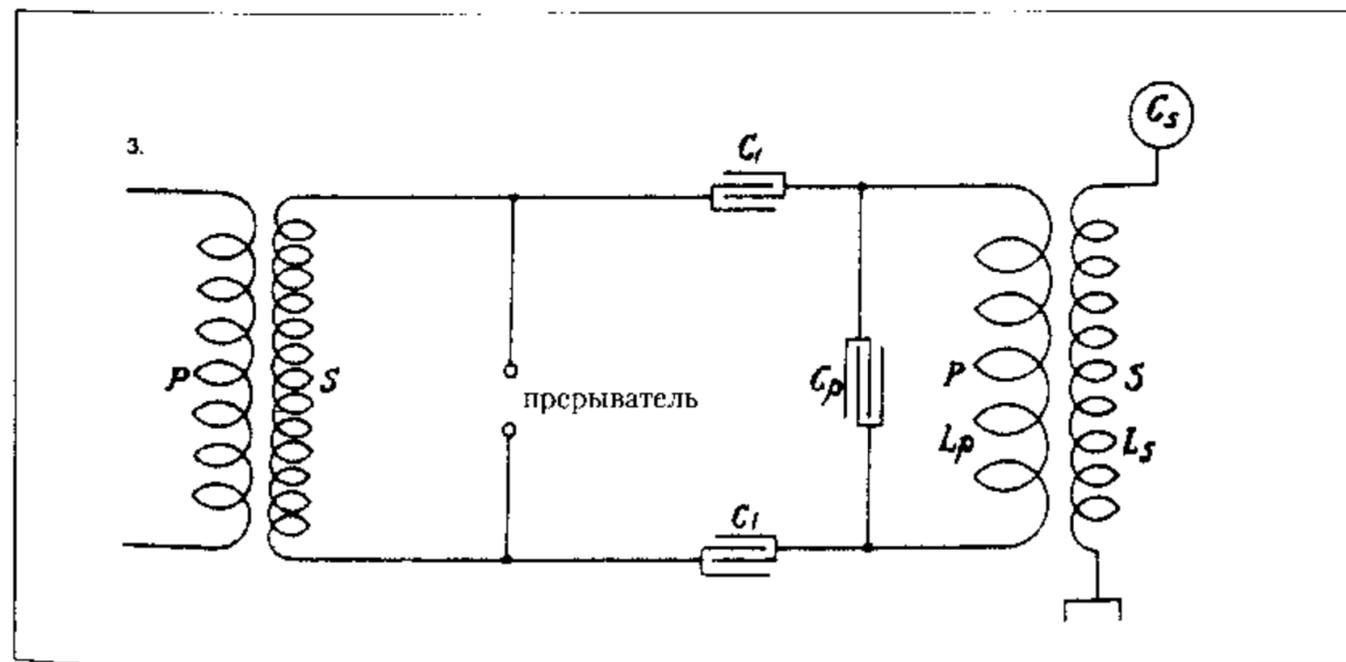
или, поскольку первое слагаемое в числителе ничтожно мало, мы имеем $i_2/i = pL_p/R_p$, или $i_2 = ipL_p/R_p$. Из этого соотношения явствует, что, если не учитывать другие препятствия или недостатки, устройство, показанное на схеме 2, имеет преимущества по сравнению с устройством на схеме 1. Оно обеспечивает два основных преимущества: 1) меньше тока через прерыватель и больше через первичный контур и 2) более длительные и полные колебания в цепи, включая первичный контур, потому что не составит труда построить схему без прерывателя со сверхмалым сопротивлением, или фрикционными потерями.

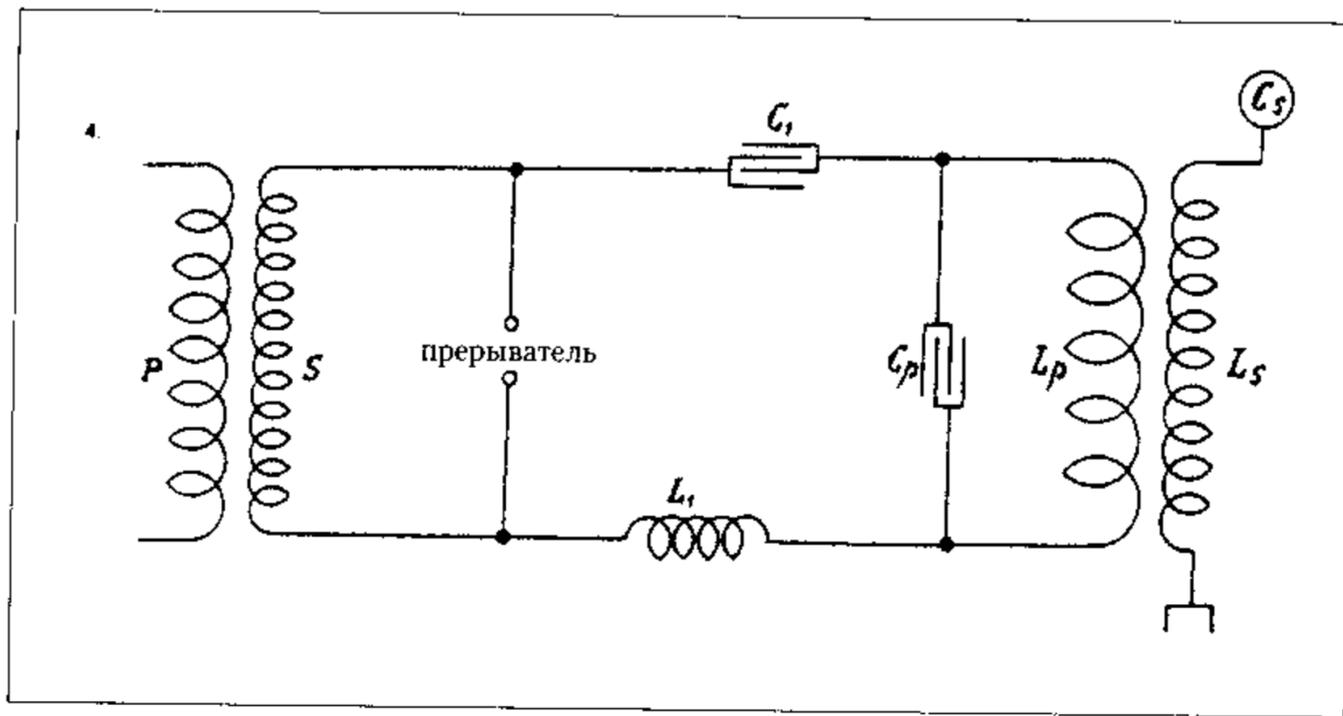
Схема 3 иллюстрирует устройство, сходное с представленным в схеме 2, но с конденсатором в каждой ветви. В его основу положены те же соображения, что и для схемы 2, и в обоих случаях, если хотим добиться резонанса и лучших условий работы, цепь вместе с входящим в нее прерывателем должна иметь такой же период и находиться в фазе с первичным контуром $L_p C_p$ и вторичным $L_s C_s$. Относительно схемы 2, как более простой, можно сказать, что это тот случай, когда соотношение между C_1 и индуктивностью в этой цепи таково, что они взаимонейтрализуются на этой частоте.

Схема 4 - следующая модификация - представляет устройство с катушкой индуктивности L_1 в цепи. Чтобы отвечать вышеуказанным условиям,

мы должны иметь $C_1 = \frac{L_1}{R_1^2 + p^2 L_1^2}$, где R_1 - сопротивление, включая дугу.

Так как в большинстве случаев, даже при наличии дуги, R_1 будет очень





незначительной величиной по сравнению с pL_1 , мы вновь имеем

$$C_1 = 1/p^2 L_1.$$

Все вышеизложенные рассуждения приводят нас к единому соотношению между постоянными величинами всех трех схем, которое имеет следующее выражение:

$$\left. \begin{aligned} \frac{1}{C_s L_s} = \frac{1}{C_p L_p} = \frac{1}{C_1 L_1} \quad \text{или} \\ C_s L_s = C_p L_p = C_1 L_1 \end{aligned} \right\} \quad \text{II}$$

Отсюда следует, что из рассматриваемых величин p была задана путем произвольного выбора длины волны, L_s должна определяться [свойствами] провода и конструкцией вторичного контура и, наконец, C_s вытекает из двух предыдущих величин. Кроме того, еще одна величина определяется путем рационального поиска, это величина C_1 . Именно эта емкость C_1 должна быть достаточной, чтобы принять всю энергию трансформатора, если все компоненты находятся в правильном соотношении. Пусть P' будет эдс на вторичном контуре питающего трансформатора, тогда каждый раз в конденсаторе C_1 будет скапливаться количество энергии $P'^2 C_1 / 2$, и если принять эту величину за среднюю аккумулируемую каждый раз энергию, а также если частоту прерывания обозначить p_1 , тогда $p_1 = 4\pi n$, где n — количество зарядов в секунду,

$$\text{или } n = P' / 4\pi, \text{ тогда } \frac{P'^2 C_1}{2} \times \frac{p_1}{4\pi} = M, \text{ или } C_1 = \frac{8\pi M}{P'^2 p_1}.$$

Здесь M — суммарная затраченная энергия трансформатора, выражаемая в ваттах, P' — напряжение вторичного контура (усредненное по определе-

нию) и p_1 , как сказано выше, частота прерываний. Таким образом, в каждом случае дается величина C_1 , остается определить $L_p L_1$ и C_p .

Теперь очевидно, что если существует зависимость между $p_1 L_p$ и C_p , о чем здесь говорится, ток проходит через всю систему, как если бы не было никакой индуктивности. Следовательно, поскольку речь идет о цепи с прерывателем C_1 и L_1 , вся система L_p и C_p будет вести себя так, как если бы она состояла из короткого провода с ничтожно малым сопротивлением, при этом первичный контур в целом был бы изготовлен из толстого короткого проводника, поэтому при расчете параметров цепи $C_1 L_1$ можно пренебречь сложной системой $L_p C_p$, поскольку при этих условиях она не будет влиять на период, и тогда мы можем определить $C_1 = 1/p^2 L_1$ в случае, когда сопротивления, как и ранее, ничтожно малы.

Поскольку C_1 известно, мы можем определить L_1 потому что

$$L_1 = \frac{1}{p^2 C_1} = \frac{1}{p^2 \frac{8\pi M}{P'^2 p_1}} = \frac{P'^2 p_1}{8\pi M p^2}.$$

Итак, теперь все величины известны, чтобы определить константы цепи $L_p C_p$, используя систему уравнений:

$$\left. \begin{aligned} L_p C_p &= L_s C_s \\ L_p C_p &= L_1 C_1 \end{aligned} \right\} \quad \text{III}$$

Колорадо-Спрингс

3 июля, 1899

В ходе экспериментов со вторичным контуром, описание которых было дано в прошлый раз, получен неплохой резонанс при 15 джар на каждой стороне первичного контура. Весь провод № 10 длиной 170 футов был покрыт интенсивными стримерами. Емкость — суммарная — составила $7.5 \times 0.003 = 0.0225$ микрофарады. L_p насчитывала приблизительно $36 \times 7 \times 10^4$ см (шесть первичных витков последовательно). Отсюда находим $T = 4.836 / 10^5$. Это дает $n = 1/T = 20700$ в секунду приблизительно. При таких колебаниях λ составила почти 9 миль, или $\lambda/4 = 2.25$ мили. Фактически вторичный провод дал только одну милю, но благодаря большой емкости (распределенной) вторичного контура колебания гораздо медленнее, чем можно было предположить, если исходить из длины провода. Приблизительный расчет показывает, что теоретически емкость, соотносимая с индуктивностью вторичного контура, позволит, вероятно, получить колебания с вышеупомянутой частотой. Поскольку резонанс присутствует, мы имеем:

$$T = \frac{4.836}{10^5} = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{\frac{5 \times 10^7}{10^9} C_s}$$

Примем индуктивность вторичного контура за 5×10^7 см, отсюда получаем $C_s = 23.34/20000 =$ примерно $1/1000$ микрофарады, если быть более точным, 0.0012 микрофарады, или 1080 см.

Но мы можем сделать приблизительный расчет емкости иным способом, рассматривая парные провода в качестве конденсатора. Это могло бы дать $C_s =$

$$= \frac{A}{4\pi d} \times 40, \text{ имеется в виду } 40 \text{ пар, поскольку задействовано } 40 \text{ витков провода.}$$

Теперь $A =$ поверхность половины провода: 131 фут, около 4000 см; половина окружности 0.4 см дает $A = 1600$ кв. см. Расстояние между проводами $= 5$ см. Отсюда:

$$C_s = 40 \times \frac{1600}{4\pi \times 5} = 1040 \text{ см приблизительно (возможно, получилось близко).}$$

Вчера вечером вышел из строя привезенный из Нью-Йорка трансформатор на 50000 вольт. Это произошло при подключении к нижнему концу вторичного контура конденсатора, составленного из двух регулируемых латунных дисков диаметром $20''$, при этом один из них был соединен с землей, другой со вторичным контуром. Расстояние между дисками около $5''$. После ремонта трансформатора опыты с ним были продолжены; и всё оказалось в исправности.

Затем перешли к экспериментам со вторичным контуром из 40 витков провода № 10 длиной в одну милю. К этому вторичному контуру была присоединена катушка с намоткой из провода № 10 (шнур) на барабане диаметром 2 фута и длиной 6 футов; намотка имела 260 витков. Приблизительный расчет емкости согласно предыдущей оценке:

6 футов $= 6 \times 12 = 72'' = 72 \times 2.54 = 183$ см. Полуокружность провода 0.4 см. Площадь поверхности $= 183 \times 0.4 = 74$ кв. см (примерно) $= a$, расстояние между проводами около 1 см $= d$. Приблизительная емкость одной двухпроводной линии составит: $C_1 = a/4\pi d = 74/4\pi$; при наличии 260 пар суммарная емкость согласно расчету может быть: $260 \times 74/4\pi = 1532$ см $= C_1$ (для катушки).

Итак, емкость вторичного контура ранее насчитывала 1080 см. Следовательно, суммарная электроемкость комплекса может составить

$1080 + 1532 = 2612$ см $= C'$. Это, конечно, только в идеале, и такого рода вычисления далеко не точны. Рассмотрим, каков будет период с учетом емкости, вторичного контура и катушки, взятых вместе. Поскольку катушка даст только около 12000000 см, индукция вторичного контура будет определяющим фактором. Принимая его за 5×10^7 см, мы получим суммарную индуктивность $5 \times 10^7 \times 12 \times 10^6$, или $(50 + 12) \times 10^6 = 62 \times 10^6$ см.

Это даст

$$T = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{\frac{62 \times 10^6}{10^9} \times \frac{2612}{9 \times 10^5}} = \frac{2\pi}{3 \times 10^7} \sqrt{164944} =$$

$$= \frac{2\pi \times 406}{3 \times 10^7} = \frac{2549.68}{3 \times 10^7} = \frac{849.9}{10^7}, \text{ или } 850/10^7 = 85/10^6$$

и $n = 11800$ приблизительно. Для первых ориентировочных испытаний первичный контур следует настраивать в соответствии с этими данными. Сейчас первичный контур имеет шесть витков. Так как один виток составляет приблизительно 7×10^4 см, мы можем определить:

$$\frac{85}{10^6} = T = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{\frac{36 \times 7 \times 10^4}{10^9} C_p}$$

Исходя из этого можно получить приблизительное представление о емкости в первичном контуре. Находим $C_p = 0.0717$ микрофарады примерно. Примем емкость в 1 джар $= 0.003$ микрофарады, тогда нам, вероятно, потребуется в совокупности $0.0717/0.003 = 24$ джар или 48 джар с каждой стороны первичного контура.

В настоящих условиях такие колебания вряд ли могут быть достигнуты, так как трансформатор не сможет дать заряд для емкости с таким количеством джар.

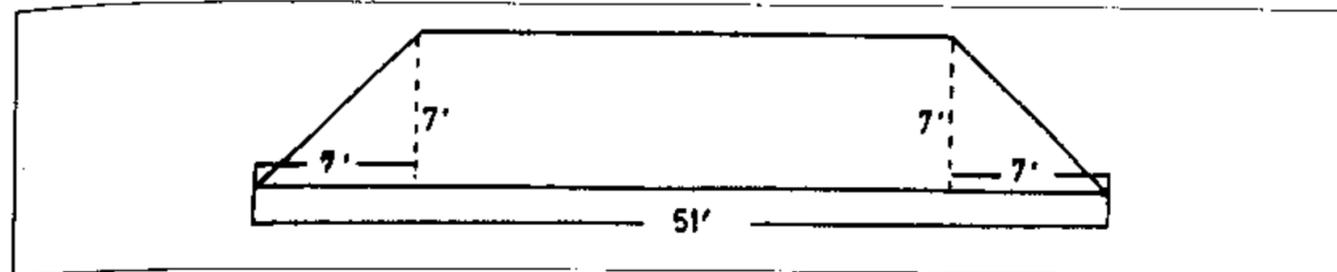
Хотя для стоячих волн в земле применение такой низкой частоты было бы желательно, колебания должны быть ускорены. Для одной октавы может потребоваться лишь 12 джар для каждой стороны. Попытка была предпринята, и результаты оказались хорошими, несмотря на то, что октавные колебания имели только $1/4$ той энергии, которую могла бы получить основная частота. Для получения надежных колебаний нам потребуется по крайней мере 8 витков в первичном контуре имеющегося в наличии трансформатора, чтобы поддерживать емкость в первичном контуре в пределах, задаваемых выходом трансформатора. Тогда это может составить $48 \times 36/64 = 27$ джар на каждой стороне. Если это сработает, то для создания оптимального режима работы следует иметь не более чем 16 джар на каждой стороне первичного контура. Это просто выведет трансформатор на проектную мощность в допустимых пределах.

Применил около 10 витков в первичном контуре.

Колорадо-Спрингс

4 июля, 1899

Результаты вчерашних вечерних наблюдений. Они были таковы, что их трудно забыть по ряду причин. Прежде всего это величественное зрелище необычных разрядов молнии; в течение двух часов мы наблюдали не менее чем 10–12 тысяч разрядов. Вспышки происходили почти непрерывно, и даже позже, когда буря стала утихать, мы видели по 15–20 разрядов в минуту. Некоторые разряды отличались поразительной яркостью и зачастую демонстрировали 10 или вдвое больше ответвлений. Кроме того, часто они были толще внизу, чем наверху. Возможно ли это?! Скорее всего это объясняется тем обстоятельством, что грозовой участок, находящийся ближе к земле, ближе и к наблюдателю. Приближение грозы ощущалось по мере того, как становилось всё темнее. Аппарат (вращающийся «когерер») был соединен с землей и диском над землей, как в моем проекте телеграфной связи, а для усиления воздействия, передаваемых через землю, использовался конденсатор. Такой способ усиления дает гораздо лучшие результаты, и его многочисленные варианты подробно описаны. Я применял его в исследованиях свойств лучей Ленарда и рентгеновских лучей, получая превосходные результаты. Реле не было настроено на очень высокую чувствительность, но оно тем не менее работало, когда гроза всё еще была на расстоянии около 80–100 миль, если определять расстояние по скорости звука. По мере приближения грозы необходимо снижать чувствительность устройства, пока не был достигнут предел усилия пружины, но и тогда оно срабатывало при каждом разряде. Обычный звонок соединили с землей и с надземным электродом, и он также часто реагировал. Когда молния сверкала близко, возникала яркая искра в небольшом разрядном промежутке. Руки, помещенные поперек этого промежутка, ощущали удар, что говорило о силе тока, проходившего между землей и изолированным диском. Когда гроза отступила, было зафиксировано самое интересное и чрезвычайно важное наблюдение. Вот как это произошло: прибор был настроен еще раз таким образом, чтобы мог более чутко и без задержки реагировать на каждый разряд, видимый или слышимый. Какое-то время он продолжал работать таким образом, после чего остановился. Сначала подумали, что на этот раз молния была слишком далеко, ведь она могла быть на расстоянии около 50 миль. Неожиданно прибор снова заработал с непрерывно нарастающей интенсивностью, несмотря на то что гроза быстро удалялась. Спустя некоторое время индикация опять прекратилась, но через полчаса прибор опять начал реагировать. Когда он в очередной раз замер, была произведена более тонкая регулировка, фактически весьма значительная, и всё-таки прибор отказывался реагировать, но через полчаса или около того опять заработал, и на этот раз пружина реле была очень сильно натянута, и всё же он регистрировал разряды. К этому времени гроза удалась настолько, что исчезла из виду. С каждой перенастройкой прибора, проводившейся с целью



увеличения его чувствительности, после включения он через некоторое время вновь начинал периодически действовать. Гроза была теперь по крайней мере на расстоянии более 200 миль. Позже, вечером, прибор неоднократно начинал работать и останавливался с интервалом приблизительно в полчаса, несмотря на то, что большая часть горизонта к тому времени очистилась.

С научной точки зрения это был замечательный и особо интересный опыт. Он абсолютно обоснованно доказал существование стоячих волн, ибо как еще можно было объяснить наблюдавшиеся явления? Как могут такие волны быть стоячими, если только не отраженными, и от чего они могут отражаться, если только не от той точки, где они зародились? И тем не менее опыты меня убедили, что при определенных условиях ток приобретает способность проходить сквозь весь земной шар, достигая противоположной точки, и возвращаться к исходной точке, при этом сила тока не уменьшается. Теперь ясно, что стоячие волны можно генерировать с помощью осциллятора.

Это чрезвычайно важно.

Измерение индуктивности колебательного вторичного контура с $36\frac{1}{2}$ витками на уже известном каркасе конической формы

Приблизительные размеры и форма вышеупомянутого объекта указаны на схеме. У основания каркас около 51 фута в ширину, а боковые стороны расположены под углом 45° . Боковые части изготовлены из легких решетчатых ферм с выемками для закрепления проводов.

Первый виток вторичного контура начинался на некотором расстоянии от земли, так что в среднем виток был меньше, чем он должен быть, если судить по размерам каркаса, то есть около 145 футов. Тем не менее фактически провода ушло больше из-за некоторого перерасхода за счет углов, и к тому же он не был идеально прямым, что также увеличило длину; таким образом, на намотку ушло 6 бобин провода, при этом общая длина составила: $1000 + 1000 + 1005 + 1002 + 762 + 546 = 5315$ футов провода № 10 В & S. За вычетом свободных концов длина провода составила почти 5280 футов, или одну милю (1610 метров приблизительно). Провод наматывали с помощью установленного на настиле вращающегося штатива с надетой на него бобиной. Сопротивление провода 5.55 ома. Показатели следующие:

ω двигатель	E	I	
2115	212	6.2	
2100	211	6.16	средние значения таковы:
2120	211	6.16	

$$\left\{ \begin{array}{l} I = 6.17 \\ E = 211.33 \\ \omega = 883.42 \end{array} \right\}$$

$$\frac{E}{I} = 34.25 \quad \left(\frac{E}{I}\right)^2 = 1173 \quad R^2 = 30.8 \quad L = \frac{\sqrt{\left(\frac{E}{I}\right)^2 - R^2}}{\omega}$$

получаем $L = 3826 \times 10^4$ см, или 0.03826 генри.

Имея 40 витков, размещенных с вышеупомянутым интервалом, мы можем получить индуктивность, приблизительно равную 42×10^6 см.

Примечание. Ранее предполагалось 5×10^7 , но витки были чуть ближе.

Сегодня были сняты показания с синхронного 8-полюсного двигателя с целью определения ω с максимально возможной точностью для будущих замеров. Получены следующие результаты:

Время	Скорость генератора (10 полюсов)	Скорость двигателя	Скорость приведенного генератора
5.35	1700	2155	1724
5.40	1700	2165	1732
5.50	1730	2160	1728
6.10	1710	2150	1720
6.20	1705	2170	1736
6.25	1717	2150	1720

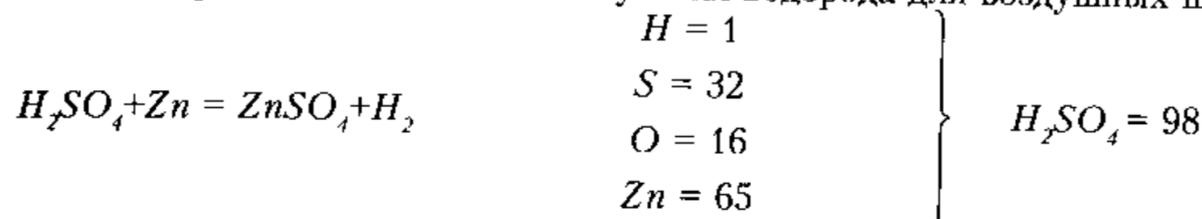
Скорость генератора на станции определял г-н Л., а у двигателя на экспериментальной станции — я. Показания генератора, возможно, были занижены. Основные данные говорят о том, что верхние значения, полученные на генераторе, полностью согласуются со значениями, полученными на двигателе. Последний может работать немного быстрее без нагрузки. Это я наблюдал и раньше с такого рода двигателями. Причиной явления может оказаться то обстоятельство, что генератор допускает флуктуации скорости относительно среднего значения; двигателю сообщается больший импульс, когда количество оборотов генератора выше, а затем — когда оно ниже этого значения. В результате двигатель, вероятно, сделает несколько больше оборотов, затем количество оборотов должно сохраняться на среднем уровне. Или противоэлектродвижущая сила окажется не в фазе и даст более высокую эдс на двигателе,

затем на генераторе, меняя таким образом степень сдвига в положительную или отрицательную сторону. Определив среднюю величину из трех очевидно лучших показателей, мы получаем на генераторе 1719, на двигателе 1722 оборота, что вполне приемлемо. Следовательно, с таким генератором ω будет в основном составлять $2\pi \times 29 \times 5 = 911$ или, по упрощенной оценке, $\omega = 900$.

Колорадо-Спрингс 5 июля, 1899

Из предыдущих записей:

Рассмотрим обычный способ получения водорода для воздушных шаров:



Отсюда: $98(H_2SO_4) + 65(Zn) = 2H$ в фунтах. Тогда при весе водорода 0.00561 фунта на кубический фут для наполнения воздушного шара в 10 футов нам потребуется $523 \times \frac{2}{3} = 350$ кубических футов водорода, то есть объем 10-футового воздушного шара будет равен 523 футам, но он должен быть заполнен примерно лишь на $\frac{2}{3}$. Такое количество водорода будет весить около $350 \times 0.00561 = 1.96$ фунта.

Вывод: Нам потребуется 100 фунтов H_2SO_4 для наполнения воздушного шара диаметром лишь 10 футов.

Теперь рассмотрим и сравним способ, опробованный мной несколько лет тому назад, который состоит в разложении углеводорода путем нагрева электрическим током провода до состояния свечения. Чтобы получить примерное представление, возьмем углеводород обычного состава C_2H_4 (не говоря уже о соединениях с большим содержанием водорода). В этом соединении при

том количестве водорода, которое в нем содержится, мы имеем чрезвычайно малый вес. Например: из $\left\{ \begin{array}{l} C = 12 \\ H = 1 \end{array} \right\} 28$ суммарных единиц веса мы получаем

4 весовые единицы водорода, гораздо больше, чем могло бы получиться первым способом. Следовательно, если требуется очень малый вес, этот способ превосходит все другие.

Теперь относительно электролитического способа получения: 1 ампер/час дает 37.3 миллиграмма водорода. 1000 ампер/часов — $37300 \times 2.2/10^6$ фунтов, при 0.00561 фунта на кубический фут дает 1.2 кубических фута [14.62 кубических фута. — *Науч. ред.*] на 1000 ампер/часов! Достаточно мало.

Колорадо-Спрингс

6 июля, 1899

В прошлый раз мы определяли емкость катушки, рассматривая ее как ряд параллельных проводников, таким способом была получена приемлемая в плане точности оценка. Применяв этот способ в отношении 40 витков вто-

ричного контура, мы можем получить: $C = \frac{0.01206}{\log \frac{d}{r}}$ по формуле, где d — расстояние между проводами, r — диаметр провода.

Получаем C в микрофарадах на 1 км согласно имеющимся соотношениям. При этом общая длина провода составляет 5280 футов приблизительно, или $5280 \times 12 \times 2.54 = 160934$ см. Для сдвоенного проводника это даст длину $160934/2 = 80467$ см.

$$\begin{aligned} \text{Теперь } d/r &= 4.23/0.127 = 4230/124 = 33.3 \\ d &= 10''/6 = 4.23 \text{ см} \quad r = 0.1''/2 = 0.127 \text{ см} \\ \log d/r &= 1.522444. \end{aligned}$$

Исходя из этих данных, мы могли бы получить на 1 км в микрофарадах $C_1 = 0.01206/1.522444 = 0.00792$ микрофарады на км.

Пусть длина пары параллельных проводов составит, предположительно, 80467 см, или 0.80467 км, иначе говоря, емкость вторичного контура может составить $C = 0.80467 \times C_1 \times 2$, дважды, поскольку должны быть учтены обе ветви, то есть $C = 0.00792 \times 2 \times 0.80467 = 0.01584 \times 0.80467 = 0.012746$ микрофарады, или $9 \times 10^5 \times 0.012746 = 1274.6 \times 9 = 11471.4$ см. Очевидно, что это не может быть применено; судя по колебаниям вторичного контура, емкость могла бы быть, самое большее, 3000–4000 см.

Колорадо-Спрингс

7 июля, 1899

Выводы общего характера, сделанные после всех нынешних и предыдущих экспериментов с электрическими генераторами колебаний такого типа

Как правило, важно, а иногда крайне необходимо компенсировать распределенную емкость. В больших устройствах возникает также необходимость компенсировать завышенную индуктивность, так как она препятствует получению очень высокой частоты, которая, как правило, имеет значительные преимущества. Высокая эдс является по существу необходимой для решения

первостепенных задач, а именно: передачи энергии и четких сообщений в любую точку земного шара; важно найти самый эффективный способ осуществления этого. Как уже было сказано, результата можно достичь двумя способами, различными в своей основе — или применяя высокий коэффициент трансформации, или посредством резонанса. Для передачи энергии должен, в конечном счете, превалировать первый способ, но там, где требуется небольшое количество энергии, последний из названных способов, несомненно, является лучшим и более простым. Помещая вторичный контур в условия сильной индуктивной связи с первичным контуром, мы уменьшаем индуктивность, так что индуктивность в высокоэкономичных устройствах такого типа, очевидно, не окажется препятствием на пути достижения очень высокой частоты, по крайней мере таким, которое невозможно было бы компенсировать в той или иной степени умелым конструктивным решением машины. Но вот распределенная емкость создает проблемы; это тем более так, потому что увеличивается эдс. Когда напряжение достигает нескольких миллионов вольт, почти вся энергия уходит на заряд конденсатора или на емкость, распределенную по проводу. Трудность еще более возрастает, когда выясняется, что в экономичной машине витки должны быть расположены близко один к другому, что усугубляет недостатки, создаваемые распределенной емкостью. В таких условиях снизить внутриконтурную емкость можно, если поместить между витками и последовательно с ними конденсаторы соответствующей емкости, но это не всегда осуществимо. Это будет еще раз подробно рассмотрено позднее. С помощью таких средств можно добиться максимально возможного увеличения напряжения на термине или на электродах вторичного контура, его нельзя осуществить при распределенной емкости любой величины. Очень часто на электродах можно получить лишь небольшое увеличение, так как весь заряд остается «внутри». Так вот, что касается достижения требуемого напряжения с помощью резонанса, здесь опять-таки имеется два пути: или разместить вторичный контур бесконтактно по отношению к первичному, позволяя тем самым свободным колебаниям вторичного контура заявить о себе, или использовать вторичный контур в тесном контакте с первичным и затем поднимать напряжение с помощью дополнительной катушки — особой катушки без индуктивной связи с первичным контуром. Я пришел к заключению, что второй способ предпочтительнее, когда нужна очень высокая эдс. В частности, для осуществления телеграфной связи с любой точкой земного шара, который является одним из объектов, я прихожу к выводу: 1) коэффициент трансформации должен быть как можно более высоким с учетом всего вышесказанного; 2) усиливающее воздействие катушки индуктивности насколько можно большим; 3) внутриконтурная емкость минимальной; 4) индуктивность катушки высокой для осуществления точной настройки. Имеющиеся на сегодня результаты говорят о том, что катушка в форме плоской спирали подходит более всего.

Грубый расчет периода колебаний, применимый для трансформатора Вестингауза на 40 000–60 000 вольт

Необходимо использовать только один первичный виток по причинам: 1) высокого коэффициента трансформации, который должен быть достигнут и 2) механизма регулирования при помощи регулировочной катушки, доставленной из Нью-Йорка. Тогда общая мощность трансформатора Вестингауза составит, скажем, 50 л.с. (хотя машина способна выдерживать нагрузку во много раз большую). Из этого логически вытекает количество джар, которое можно будет использовать. Мы имеем $50 \times 750 = \frac{1}{2} \times 60\,000^2 \times 300 \times C$, предполагая 150 периодов в секунду, что несколько выше, чем, вероятно, будет фактически. Отсюда следует:

$$C = \frac{75 \times 10^3}{36 \times 10^8 \times 3 \times 10^2} = \frac{75}{36 \times 3 \times 10^7} \text{ фарад,}$$

или в сантиметрах мы получим емкость конденсатора, на которую трансформатор будет способен зарядиться без учета резонансных условий или других факторов, которые, возможно, позволят трансформатору зарядить емкость на гораздо большее количество джар —

$$C = \frac{9 \times 75 \times 10^{11}}{108 \times 10^7} = \frac{9 \times 75 \times 10^4}{108} = C = 62\,500 \text{ см суммарно.}$$

Тогда, приняв емкость в один джар = 0.003 микрофарады, или 2700 см, мы получим лишь $62\,500 / 2700 = 625 / 27 = 23$ джар суммарно, или в двух последовательных соединениях — 46 джар на каждой стороне первичного контура. Дополнительная емкость в джарах может составить 0.0025 и, соответственно, может быть получено большее количество. При напряжении в 40 000 вольт мы могли бы получить $36 / 16 \times 23 =$ почти 52 джар всего или 104 на каждой стороне. Если исходить из 60 000 вольт и, скажем, 48 добавившихся джар на каждой стороне, это даст емкость первичного контура, наиболее подходящую для трансформатора, $24 \times 0.0025 = 0.06$ микрофарады, и при этом индуктивность первичного контура могла бы составить, допустим, 7×10^4 см. Период T может быть равен

$$\frac{2\pi}{10^3} \sqrt{\frac{7 \times 10^4}{10^9} \times 0.06} = \frac{12.874}{10^6} \text{ и } n = 77\,660 \text{ в секунду.}$$

Колорадо-Спрингс

8 июля, 1899

Дальнейшие выводы относительно лучших условий функционирования и конструктивных особенностей генераторов колебаний такого типа, основанные на результатах наблюдений в ходе настоящих и предыдущих экспериментов

Говоря о первичном контуре, подтвердим ранее высказанное утверждение, что емкость должна быть наилучшим образом адаптирована к питающему генератору. Однако это соображение играет важную роль лишь в том случае, когда генератор представляет собой большую машину, а целью является использование энергии, подаваемой от источника наиболее экономичным способом. Это особенно верно в том случае, когда генератор спроектирован таким образом, чтобы воспринимать всю выходную мощность питающего генератора, что вполне возможно в данном варианте. Но когда генератор подключен к питающей цепи, распределяющей свет и энергию, подбор емкости не ограничивается такого рода рассуждениями. В большинстве случаев преимущества, которые дает применение очень высокой частоты, проявляются столь явно, что расчет схемы следует делать с учетом этой особенности. Во всяком случае, сопротивление первичной цепи должно быть таким малым, какое только может быть достигнуто. Я также считаю, что индуктивность вообще должна быть, по возможности, наименьшей для той частоты, которая была произвольно выбрана предварительно. Однако когда количество прерываний сравнительно невелико, то есть намного меньше количества свободных колебаний, гораздо выгоднее иметь высокую индуктивность, чтобы сообщить больший импульс цепи и тем самым позволить ей колебаться дольше после каждого прерывания. Но если количество прерываний сопоставимо по частоте с количеством свободных колебаний, индуктивность должна быть как можно меньшей, так как какой бы малой она ни была, цепь будет, как правило, колебаться достаточно долго. Еще одна причина, по которой индуктивность не должна быть большой в данном случае, состоит в том, что в первичном контуре нет необходимости поднимать напряжение путем значительного увеличения [соотношения] pL/R . Этот показатель обязательно будет большим в правильно спроектированной схеме, причина этого условия заключается в чрезвычайно малом сопротивлении, а не в высокой индуктивности. Уменьшение индуктивности дает возможность применять большую емкость, что приведет к большой выходной мощности — показателю, который иногда важен. Несомненно, с увеличением емкости возрастают неприятности с прерывателем, но с помощью правильно сконструированного ртутного прерывателя эти затруднения в значительной степени преодолеваются. Вышеизложенные факты приводят к выводу, что для первичного контура в таком устройстве лучше всего использовать тонкую медную полосу или по крайней мерс многожильный

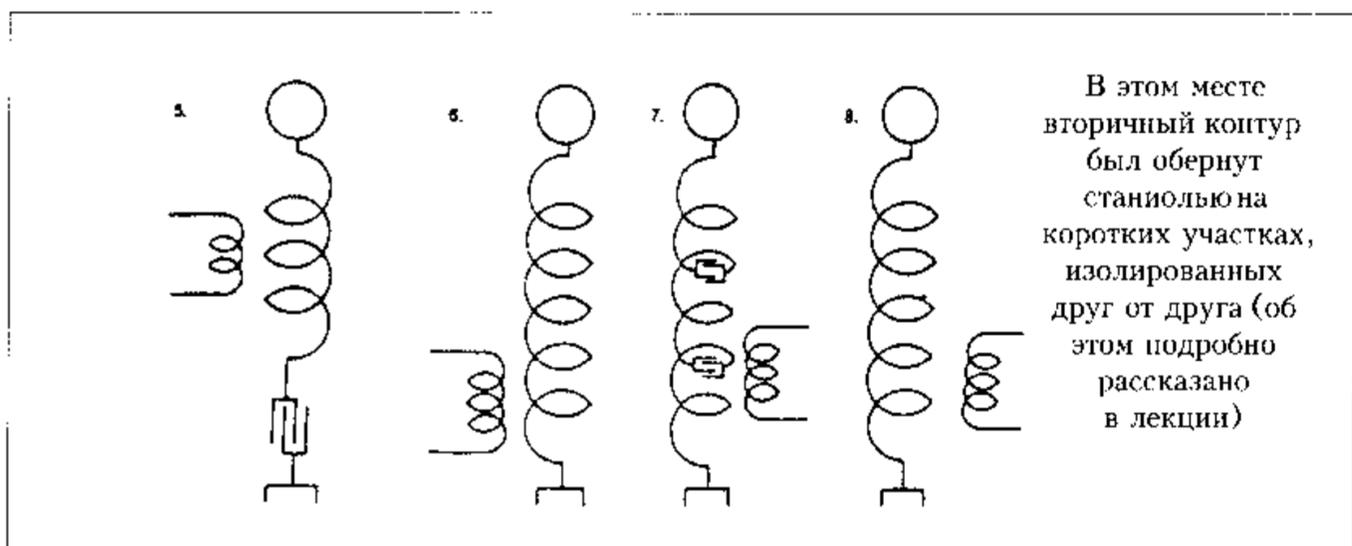
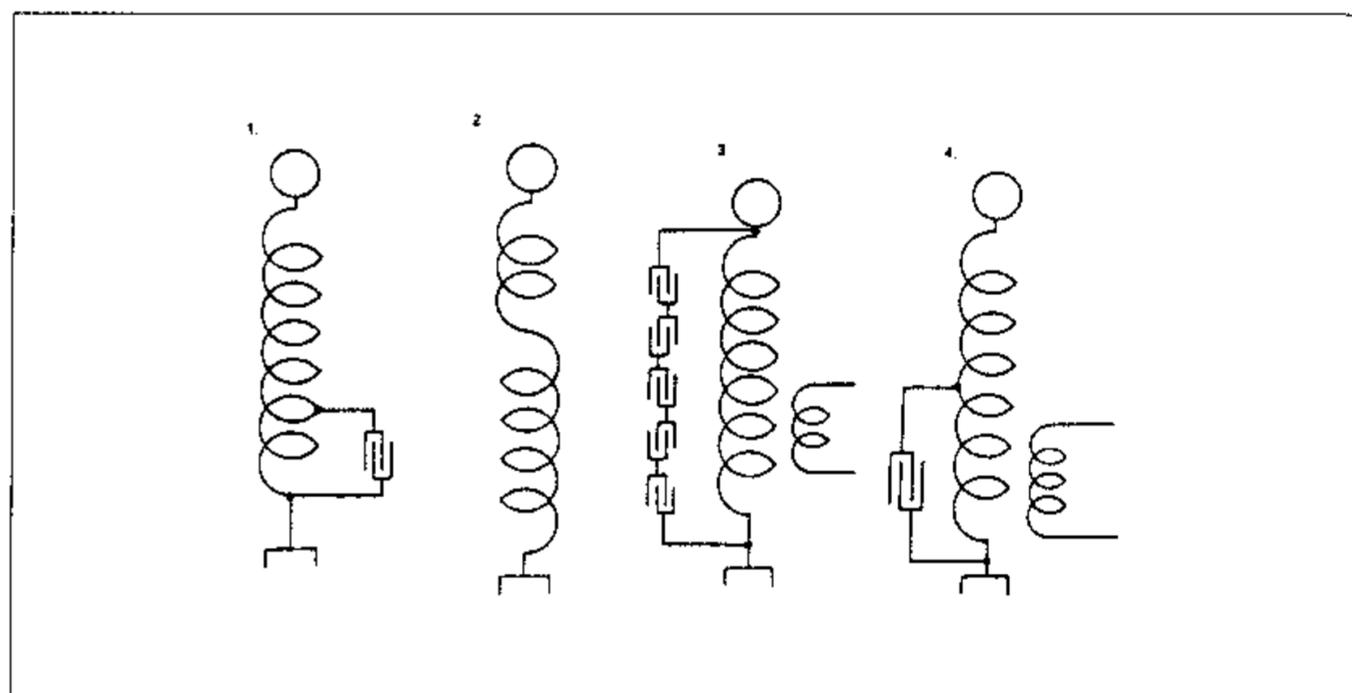
провод. Я давно сделал выбор в пользу медной полосы в небольших устройствах, это позволяет достигать наилучших результатов. Применение полос дает очень малую индуктивность, и при той же частоте можно намотать проводник большей длины, в то же время появляется отличная возможность для излучения, а устройство оказывается простым и дешевым. На одном и том же отрезке полоса нагревается гораздо меньше, чем провод, и в этом отношении разница столь очевидна, что я склонен считать, для этого существует особая причина, пока еще не получившая удовлетворительного объяснения. Фактическая длина первичного проводника относительно той длины, которая получается при делении скорости света на $2n$, где n есть количество колебаний первичного контура в секунду, не имеет существенного значения, так как первичный контур представляет собой всего лишь очень малую часть той длины; но, по-моему, результаты наблюдений свидетельствуют о том, что в какой-то степени предпочтительнее применять проводник такой длины, и тогда $2Kn\lambda$ должно = v , скорости света, где λ — та самая длина, а n частота, при этом K должно быть целым числом, а не дробью. Это представляется подходящим, по крайней мере, для цепей, специально в значительной степени удлиненных, для проверки предположения, что идея, к которой привели размышления относительно идеальных параметров такой колебательной цепи, верна. В таком теоретическом расчете λ должна точно равняться длине полуволны, величина которой рассчитывается аналогично расчету скорости света. На практике неизменно регистрируется, что λ — меньше, а K не соответствует расчетному значению = λ , но зачастую выражается большим числом, это следует из того обстоятельства, что скорость распространения в цепи со значительной индуктивностью и емкостью, как правило, меньше, чем скорость света, и зачастую — значительно меньше. Приходится констатировать, — по ряду причин, какой бы ни была фактическая длина первичного проводника, выгоднее смонтировать его таким образом, чтобы он был симметричен относительно конденсатора и прерывателя, при этом одной из главных целей является обеспечение максимальной разности потенциала на выводах конденсатора. Этот анализ приводит к признанию необходимости подключения по крайней мере двух последовательных конденсаторов, при этом первичный контур, как правило, соединяет наружные слои, в то время как внутренние шунтируются с помощью прерывателя.

Переходя теперь ко вторичному контуру, применим рассуждения совсем иного рода. Во-первых, мы должны решить, будет ли высокая электродвижущая сила вторичной цепи достигаться исключительно путем преобразования со стальным сердечником как в промышленных трансформаторах или без него. Очевидно, что в первом случае мы будем иметь дело с соответствующими правилами экономичного расчета как в обычных трансформаторах. Вторичный контур должен иметь максимально индуктивную связь с первичным, и это сделает установку экономичной и позволит достичь относительно высокой

частоты, поскольку индуктивность контуров при взаимодействии будет значительно меньше. Но сразу же станет видно, что в установке, которая главным образом предназначена для ранее намеченных целей, связь первичного и вторичного контуров никогда не сможет быть такой сильной, как в обычных трансформаторах, поскольку напряжение во вторичном контуре возрастает, и провода должны обязательно размещаться на большем расстоянии один от другого. Отсюда следует, что в такой установке никогда нельзя полностью исключить свободные колебания, даже если электродвижущая сила не сверхвысокая. Так что сразу же, поскольку свободные колебания вторичного контура становятся важным фактором, с которым следует считаться при проектировании, возникает очевидная необходимость точной настройки. Нет нужды говорить, что pL/R должно быть, по возможности, наибольшим во всех случаях, когда цель — явление резонанса. Но именно здесь мы убеждаемся на практике, особенно в большой установке, что эти препятствия преодолеть непросто. По мере добавления витков и индуктивность, и емкость возрастают до такой степени, что очень скоро выясняется, что период вторичного контура становится больше, чем у первичного. Главным недостатком, как уже указывалось, является распределенная емкость, а также и индуктивность, хотя и в меньшей степени. Несмотря на то, что индуктивность в некотором смысле играет значительную компенсирующую роль и является необходимой, она всё-таки препятствует получению очень высокой частоты в большой установке. Чтобы получить высокую электродвижущую силу, мы должны иметь много витков или витков большой длины, а это означает высокую индуктивность, что, с другой стороны, влечет за собой такой изъян, как медленные колебания. Таким образом, в большой установке мы сталкиваемся с такими же трудностями, которые противостоят нам при проектировании слишком большого моста, к примеру, с трудностями, в основе которых лежат сами свойства материала, и они, по-видимому, непреодолимы. Сделайте проволочный канат двойного сечения, и окажется, что достаточно длинная часть такого каната провиснет, так как вес увеличится в той же пропорции, что и сечение, а удельное натяжение последнего останется прежним.

К счастью для нас, в электрических машинах, по крайней мере такого типа, до лимита достаточно далеко благодаря поразительным характеристикам этой установки. Тем не менее трудности, которые возникают из-за емкости и индуктивности, и в той же мере в отношении изоляции, таковы, что потребуют настойчивых усилий, чтобы успешно справиться с ними в таких генераторах колебаний, если мы хотим добиться намеченных целей действительно рациональным способом. Этому вопросу будет уделяться много внимания в процессе совершенствования таких установок, необходимых для успешной реализации передачи энергии, а также для осуществления связи с любой точкой независимо от расстояния. Но установки, предназначенные для этих двух целей, будут неизбежно отличаться конструктивно, поскольку в первом случае

требуется огромное количество энергии, в то время как в другом — лишь большая электродвижущая сила и огромная частота моментальной подачи энергии. Два наиболее многообещающих направления развития, очевидно, следующие: или добиваться необходимой электродвижущей силы во вторичном контуре, или в дополнительной катушке индуктивности, которая не испытывает индуктивного воздействия со стороны первичного контура, или даже со стороны вторичного, но лишь возбуждается от последнего, при этом повышение напряжения происходит из-за большого коэффициента увеличения. Последний из названных способов окажется в результате несравненно лучшим, когда требуется большая эдс, а не большое количество энергии, и вряд ли существует какой-либо предел увеличения напряжения, который можно получить таким способом. Но мне тем не менее представляется, что этот способ не будет



применяться для рассматриваемой здесь передачи энергии, но в будущем эта проблема будет решена.

Видя основной изъян в распределенной емкости, я уже давно обдумываю пути его преодоления, и на сегодня лучше всего, по-видимому, будет сделать вторичный контур секционным, из отрезков определенной длины, и соединить их все последовательно посредством конденсаторов соответствующей емкости. Этот прием позволит использовать проводник максимально возможной длины при заданной частоте и подобрать индуктивно оптимальное соединение с первичным контуром. Теоретически таким методом можно полностью устранить эффект распределенной емкости и использовать сверхвысокую индуктивность, следовательно, большой коэффициент увеличения, а также повышающий коэффициент трансформации. К тому же длина волны в этом теоретическом варианте будет логически вытекать из скорости распространения света.

Различные компоновки, экспериментально испытанные с целью исследования эффекта уменьшенной индуктивности вторичного контура

В 1 схеме одна часть вторичного контура использовалась в качестве первичного и эта часть была зашунтирована первичным конденсатором, в схеме 2 несколько витков вторичного контура, удаленного от первичного, были намотаны в обратном направлении; в схеме 3 последовательное соединение конденсаторов, способных выдерживать полное напряжение вторичного контура, применялось для его шунтирования; в схеме 4 большая часть вторичной индукционной катушки была нейтрализована конденсатором; в 5 — вся индуктивность вторичного контура была нейтрализована конденсатором; в 6 — индуктивность вторичного контура была уменьшена путем размещения витков на большом расстоянии один от другого; в 7 — индуктивность была нейтрализована последовательным соединением конденсаторов, помещавшихся между витками, а также была уменьшена распределенная емкость, а в 8 — прибегнули к статическому экранированию.

Колорадо-Спрингс

9 июля, 1899

Для уточнения, в какой степени распределенная емкость вторичного провода № 10 ответственна за малую длину искры, образующейся на свободном контакте, и для проведения дальнейших исследований этого емкостного эффекта, на каркас вторичной цепи наматывается провод № 13.

Для проведения этих экспериментов будем использовать имеющийся в наличии трансформатор, доставленный из Нью-Йорка, который может заряжать около 16 джар, как это сейчас и происходит, на каждой стороне первичного контура, что составляет емкость первичной цепи = 8 джар, или $8 \times 0.003 = 0.024$ микрофарады. Поскольку L вместе с подключениями (1 первичный виток) имеет значение $L = 7 \times 10^4 / 10^9 = 7 / 10^5$ генри, период системы, приемлемый для новой экспериментальной катушки с таким проводом, будет следующим:

$$T = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{\frac{7}{10^5} \times \frac{24}{1000}} = \frac{2\pi}{10^7} \sqrt{168}$$

$$\sqrt{168} = 12.9$$

$$68:2$$

$$2400:24$$

$$159$$

или T приблизительно = $6.28 \times 13 / 10^7 = 82 / 10^7$.

Это может дать $n = 10\,000\,000 : 82 = 122\,000$ в секунду.

Кроме того, отсюда мы получаем $\lambda = 186 : 122 = 1.524$ мили, или длину вторичного контура приблизительно = $\lambda / 4 = 0.38$ мили, или длину провода = 2000 футов приблизительно. Если нужно будет использовать два первичных последовательных витка, у нас должно получиться $\lambda / 4$, или длина провода = 4000 футов.

Это нужно довести до конца.

В некоторых экспериментах со вторичными контурами из провода № 10 (или шнура) явления, вызываемые распределенной емкостью, были столь поразительны, что они, безусловно, стоили того, чтобы продолжить исследования с очень тонким проводом и, следовательно, с очень малой емкостью во вторичном контуре. Решили применить провод № 31 в этих экспериментах. Диаметр провода составлял всего лишь $1/11.4$ диаметра провода или шнура № 10, поэтому емкость вторичного контура нового типа, при условии, что другие параметры останутся прежними, составит лишь $1/11.4$ емкости прежнего вторичного контура. Емкость новой катушки будет, впрочем, уменьшаться или увеличиваться соразмерно с длиной нового провода и, кроме того, ее можно будет регулировать, изменяя расстояние между витками. Было решено остановиться на 122 000 в секунду (см. предыдущую запись) в первичном контуре по сравнению с 21 000 в секунду в среднем вторичном контуре, которые были получены при 15 джар на каждой стороне первичного контура. Для таких колебаний (122 000) длина нового вторичного контура должна быть около 2000 футов, что составляет длину четверти волны. Теперь обозначим расстояние между витками новой катушки d , тогда ее емкость, по сравнению с емкостью прежней вторичной при длине 5280 футов, будет равна:

$$C_1 = \frac{1}{11.4} \times \frac{20}{53} \times \frac{d}{d_1} C,$$

где C есть емкость прежней вторичной цепи, а d_1 — расстояние между витками в ней. Можно определить $\frac{d}{d_1} = D$ как число, определяющее изменение емкости в соответствии с расстоянием между витками, и тогда мы вычислим емкость новой катушки

$$C_1 = \frac{1}{11.4} \times \frac{20}{53} \times DC.$$

Пусть L означает индуктивность старой катушки, а L_1 — индуктивность новой, тогда мы получим, пока без учета роли меньшего диаметра провода, $L_1 = (14/36)^2 DL$, так как индуктивность будет, очевидно, меняться в соответствии с упомянутым числом D . Эта зависимость является следствием того обстоятельства, что из 2000 футов новой вторичной цепи при средней длине витка 143 фута получится $2000/143 = 14$ витков, или около того, а в прежней вторичной цепи было 36 витков, при этом длина оставалась такой же в обеих катушках. Из этого следует, что новая система будет колебаться с периодом

$T = ?$, который будет $\sqrt{\left(\frac{14}{36}\right)^2 \frac{20}{53 \times 11.4} D^2}$ кратным периоду прежней системы, или $\frac{14}{36} D \sqrt{\frac{1}{30}}$, или $0.07 = D$ кратным. Исходя из этого, мы можем сделать

расчет D .

У прежней первичной системы — 21 000 в секунду, у новой — 122 000, следовательно, мы имеем $0.07D \times 21\,000 = 122\,000$, или $D = 83$. Это говорит о том, что если нет какой-либо дополнительной емкости на свободном зажиме, витки должны были бы располагаться на расстоянии, равном лишь $1/83$ того, которое было у прежней вторичной цепи. Это вряд ли осуществимо, потому что между витками пробегали бы искровые разряды. По этой причине на свободном зажиме должна быть дополнительная емкость. Обозначим эту емкость c , а старую C , тогда суммарная емкость на новой катушке может иметь выражение

$C' = \frac{20DC}{11.4 \times 53} + c$ и индуктивность может быть $L'_1 = L_1 = (14/36)^2 DL$.

Отсюда для расчета D мы получаем уравнение:

$$\frac{1}{122 \times 10^3} = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{\left(\frac{14}{36}\right)^2 D \frac{38 \times 10^6}{10^9} \left(\frac{20 \times 1200D}{11.4 \times 53} + c\right) \frac{1}{9 \times 10^5}}$$

$$\left. \begin{array}{l} L = 38 \times 10^6 \\ C = 1200 \end{array} \right\} \text{Старая катушка}$$

$$\frac{1}{122 \times 2\pi} = \frac{14}{36 \times 3 \times 10^4} \sqrt{D(40D + c)}, \text{ или } \frac{108 \times 10^4}{3416\pi} = \sqrt{D(40D + c)}.$$

Теперь пусть $D = 1$, тогда мы получим приблизительно $\frac{11\,664 \times 10^7}{11\,66 \times 10^4} = 10\,000 = (40 + c)$, или $c =$ округленно 10 000 см при одном и том же отстоянии проводов в новой и прежней катушках.

Интересно было определить период объединенной первичной и вторичной системы экспериментального генератора колебаний и для этого выбрали следующий способ. Катушка с намоткой из тонкой проволоки, в которой витки разделены шнуром для уменьшения распределенной емкости, была помещена на расстоянии нескольких футов от колебательной системы таким образом, чтобы воздействие на нее со стороны первичной и вторичной цепи было примерно равным. Один выход катушки был соединен с землей, а другой конец оставался свободным. Предварительно был разработан план относительно частоты, которая могла появиться, на катушку было просто намотано больше провода, чтобы можно было регулировать работу устройства путем удаления витков. Далее витки забирались от нижнего конца катушки, пока не достигался максимум длины искрового разряда. Тогда катушка давала искровой разряд длиной в 5". Это происходило, когда на катушке было 1 140 футов провода, к этой длине пришли путем замера сопротивления (сопротивление катушки 38.4 ома; сопротивление 12 футов 0.405 ома).

Без учета емкости катушки эта длина должна быть равна $\lambda/4$, или четверти длины волны. Конечно, она меньше, но, предположительно, незначительно. Полная длина волны, в таком случае, $\lambda = 4\,560$ футов. Отсюда можно вывести $n = 186\,000 \times 5\,280 / 4\,560 = 215\,370$ в секунду.

Таким образом, к емкости в первичном контуре добавилось десять джар на каждой стороне, что в итоге составило пять джар, или 5×0.0025 микрофарады, или $125 / 10^4$ микрофарады. Отсюда период системы должен составить

$$T = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{\frac{125}{10^4} L \left(1 - \frac{M^2}{NL}\right)}$$

N — индуктивность вторичной цепи; L — индуктивность первичной цепи; M — взаимная индуктивность.

Но в прошлый раз $1 - \frac{M^2}{NL}$ оказалась равной почти 0.6, так что

$$T = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{\frac{125}{10^4} \times 0.6 \times L}$$

Теперь, определив $L = 7 \times 10^4$ см, или $7 / 10^5$ генри, мы получаем

$$T = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{\frac{125}{10^4} \times \frac{6}{10} \times \frac{7}{10^5}} = \frac{2\pi}{10^8} \sqrt{42 \times 125} =$$

$= \frac{2\pi}{10^8} \sqrt{5\,250} = \frac{72.46 \times 2\pi}{10^8} = \frac{455}{10^8}$ приблизительно, а отсюда должно логически вытекать $n_1 = 10^8 / 455 = 219\,800$ в секунду. Это довольно близко к пределам обычных погрешностей в ходе замеров и наблюдений.

На основе вышеприведенного расчета n мы можем также определять индуктивность первичных проводов или провода по мере ее изменения под воздействием вторичной цепи, поскольку имеем уравнение

$$\frac{1}{215\,370} = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{\frac{125}{10^4} L'}$$

из которого находим

$$L' = \left(\frac{10^4}{21\,537 \times 2\pi}\right)^2 \times \frac{1}{125} = \frac{10^8}{185\,537 \times 10^5} \times \frac{1}{125}$$

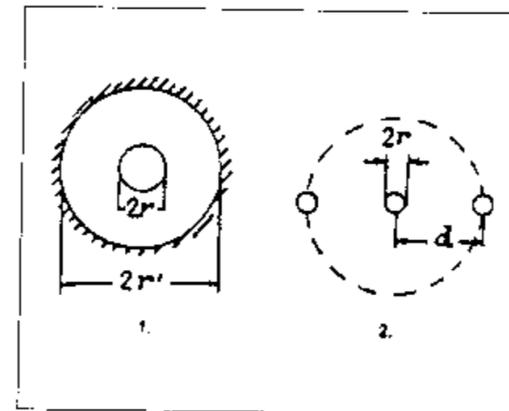
$$L' = \frac{10^8}{2\,319 \times 10^4 \times 10^5} = \frac{1}{23\,190} \text{ генри,}$$

или $10^9 / 23\,190 = 10^8 / 2\,319 = 43\,120$ см.

Это недалеко от истины, так как $7 \times 10^4 \times 0.6 = 70\,000 \times 0.6 = 42\,000$ см.

Расчет емкости большой катушки (вторичной цепи) по формуле лорда Кельвина для коаксиального кабеля с целью выяснения, насколько он применим к катушке. Кельвин

приводит выражение $C = \frac{KS}{4\pi r \log \frac{r'}{r}}$.



Здесь S есть поверхность внутреннего медного провода, r' — радиус внутреннего отверстия проводника снаружи кабеля, r — радиус медного проводника внутри (схема 1). Допустим теперь, что кабельная намотка имеет n витков на расстоянии d один от другого, тогда можно считать, что каждый виток имеет проводник с каждой стороны на расстоянии d . Если провести окружность с радиусом d вокруг проводника и представить, что внутренняя поверхность является токопроводящей, мы получим емкость этой системы в соответствии с вышеприведенной формулой. Тогда в случае с катушкой, имеющей идеальную поверхность, мы используем лишь небольшую часть, которая приблизительно, когда d очень велико по сравнению с r , равна $2\pi r / 2\pi d = r/d$.

Итак, если имеем n витков, получается $(n - 1)$ система, представленная в схеме 2. Учитывая изоляционные свойства воздуха и не принимая во внимание эффект малой толщины другого диэлектрика, мы можем вычислить суммарную емкость:

$$C_1 = \frac{S_1}{4\pi r \log \frac{d}{r}} \times (n-1) \times \frac{r}{d}$$

Тогда $S_1 = 2\pi r l$, где l есть длина витка. Расчетные значения, полученные в этом частном случае, для вторичной цепи из 37 витков ($36 \frac{1}{2} +$ соединительные провода = приблизительно 37 виткам), таковы:

$$n = 37$$

Подставив эти значения, мы получаем:

$$S_1 = 3600 \text{ кв. см}$$

$$r = 0.125 \text{ см}$$

$$d = 4.2 \text{ см}$$

$$K = 1$$

$$l = 143 \text{ фута} = 4360 \text{ см}$$

$$C_1 = \frac{3600 \times 36}{4\pi \times 1.525 \times 4.2} = \frac{9 \times 3600}{\pi \times 1.525 \times 4.2} =$$

$$= \frac{32400}{3.1416 \times 1.525 \times 4.2} = \frac{32400}{4.791 \times 4.2} = \frac{32400}{20.12}$$

$$C_1 \text{ приблизительно} = 32400 / 20 = 1620 \text{ см.}$$

$$d/r = 33.5, \log d/r = 1.525045.$$

Это ненамного отличается от [экспериментально] полученного значения и доказывает, что для приблизительных расчетов этот способ применим.

Колорадо-Спрингс

10 июля, 1899

Нижеследующее исследование даст представление об осложнениях, вызываемых распределенной емкостью во вторичной цепи. Допустим, что суммарная емкость 12 больших витков этой цепи составит 1200 см, как это и есть на практике, или 100 см на один виток, а теперь зададимся вопросом: каков может быть максимальный потенциал заряда этого конденсатора — с учетом энергии, затрачиваемой на совершение работы, — при расходовании 1 л.с. В

этом случае мы можем получить $\frac{1000P^2}{9 \times 10^{11} \times 2} 2n = 750$ ватт, где P — потенциал,

n — количество колебаний в секунду.

В нашем случае n может иметь значение 20000, и тогда мы можем составить выражение

$$750 = 40000 \times \frac{1000P^2}{9 \times 10^{11} \times 2} = \frac{2P^2}{9 \times 10^4}, \text{ или}$$

$$P^2 = \frac{9 \times 10^4 \times 750}{2} = 9 \times 10^4 \times 375 = 3375 \times 10^4, \text{ или}$$

$$P = 100\sqrt{3375} = \text{почти } 5800 \text{ вольт}$$

Это говорит о том, что для доведения заряда внутренней емкости лишь до незначительного напряжения в 5800 вольт нам нужно будет затратить 1 л.с. Конечно, обычно энергия бывает небольшой, хотя емкость заряжается до значительно более высокого потенциала, но анализ показывает, почему при большой распределенной емкости на свободном зажиме не может быть достигнуто очень высокое напряжение. Всё проходящее в катушке электричество поглощается конденсатором в процессе его заряда и почти не проявляется на свободном конце. Этот недостаток, безусловно, усугубляется с увеличением частоты и еще более с ростом эдс.

Как сказано выше, была выполнена экспериментальная намотка проводом № 31 (№ 30 не оказалось в наличии) на каркас вторичной цепи. В первом эксперименте на катушке было $14 \frac{1}{2}$ витка. Результаты разочаровали и на какое-то время озадачили. Наведенная эдс должна составлять величину на 40% меньшую $14 \frac{1}{2}$ -кратного первичного напряжения, как указывалось выше, но на деле это таковым не выглядело. В конце концов пришли к пониманию, что, поскольку емкость новой вторичной цепи очень мала, свободные колебания в катушке очень высоки, следовательно, никаких положительных результатов не могло быть получено. Затем стали снижать емкость первичной цепи, пока, по всем признакам, не был получен резонанс, но результаты гораздо хуже тех, на которые можно было рассчитывать, возможно, потому что pL/R было небольшим из-за большого сопротивления. Одна из причин состояла, однако, в том, что емкость в первичной цепи была слишком мала, чтобы сделать возможной передачу значительного количества энергии на вторичный контур. Для создания лучшего режима работы к свободному зажиму присоединили один из шаровых наконечников диаметром 30", это позволило увеличить количество джар в первичной цепи, но емкость в 38.1 см в значительной степени недостаточна для достижения оптимального режима работы. Резонирующий режим во вторичном контуре обеспечивали около 7 джар с каждой стороны первичной цепи, а когда присоединялся шар, примерно при 14 джар.

По расчетам, емкость вторичной цепи должна составлять 40 см, а индуктивность — приблизительно $15 \times 10^6 \text{ см} = 15/10^3$ генри.

Примечание. В этих расчетах я рассматриваю не практическую распределенную емкость, а идеальную емкость, подключенную к катушке.

Теперь получаем примерное значение периода вторичной цепи:

$$T = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{\frac{10}{10^3} \times \frac{40}{9 \times 10^5}} = \frac{2\pi}{10^7} \sqrt{\frac{600}{9}} = \frac{20\pi}{3 \times 10^7} \sqrt{6} = \frac{2\pi}{3 \times 10^6} \times 2.45 =$$

$$= \frac{4.9 \times \pi}{3 \times 10^6} = \frac{15.4}{3 \times 10^6} \text{ или около } \frac{1}{195 \times 10^3} = T.$$

Отсюда находим $n = 195\,000$ в секунду. Такая частота колебаний значительно превышала частоту колебаний первичного контура, работающего в благоприятном режиме, то есть при полном числе джар. Так как тонкая вторичная цепь не дала никаких удовлетворительных результатов, к ней присоединили катушку, которую использовали в предыдущих экспериментах; она имела 260 витков шнура № 10 (компания «Окенит»), намотанных на барабан диаметром 2 фута и длиной 6 футов. Общая длина провода 1560 футов, а емкость катушки — 1530 см. Эта катушка соединена со свободным зажимом вторичной цепи, а свободный конец катушки установлен вертикально сверху на ней же, являясь продолжением ее оси. На свободном конце получено неплохое нарастание резонанса, стримеры имели длину $2\frac{1}{2}$ — 3 фута. Первичная цепь имела 9 джар на каждой стороне, это давало $4.5 \times 0.003 = 0.0135$ микрофарады первичной емкости, индуктивность первичной цепи — $7 \times 10^4 / 10^9$ Гн, тогда период первичной цепи около $2\pi / 10^6$ и $n = 160\,000$ в секунду. В соответствии с этим $\lambda/4$ должна быть примерно $1.16/4$ мили, или 1531 фут. Допустим, что катушка и вторичный контур, имеющий $14\frac{1}{2}$ витка совершали бы совместные колебания как одно целое, тогда λ составила бы $4(2000+1560) = 4 \times 3560$ футов, а $\lambda/4 = 3560$ футов.

Но эксперимент опроверг этот расчет и доказал наглядно, что катушка совершала колебания самостоятельно, вторичная цепь лишь возбуждала ее, так как $\lambda/4$ на первичной базе была 1531 фут, тогда как на бобине было 1560 футов, что весьма недалеко от вышеназванного. Для наилучших результатов вторичный контур следует настраивать на один период с катушкой.

Опыты с тонкими проводами привели к выводу: результаты в данном случае второстепенны, поскольку важны свободные колебания.

Эксперименты с настоящим вторичным контуром провода № 30, взятым вместо провода № 10, заставят нас принять во внимание следующее: наибольшим числом джар на каждой стороне первичной цепи может быть 154, и это с одним первичным витком, преимущество которого — в легкости настройки. Мы можем получить, как обосновано выше, $n = 43\,500$ приблизительно.

Таким образом: C_p } первичная емкость и
 L_p } индуктивность — постоянные величины.

Длина волны будет равна

$$186\,000 / 43\,500 = 4.2 \text{ мили от } \lambda/4 = 1 \text{ милья примерно.}$$

Теперь диаметр провода № 30 — 0.01 }
— " — " № 10 — 0.1 } Допустим, что на вторичный каркас намотано такое же количество витков, как и раньше, и он помещен на вдвое

большем расстоянии, тогда распределенная емкость составит около $\frac{1}{2} \times \frac{1}{10}$,

или $\frac{1}{20}$ от емкости прежней вторичной цепи. Индуктивность новой катушки

— без учета роли малого диаметра провода № 30 — будет равна половине прежней, следовательно, новая система будет колебаться в $\sqrt{20 \times 2} = \sqrt{40} = 6.3$ раза быстрее, чем старая вторичная система. Если прежняя система совершала 21 000 колебаний в секунду, то новая будет колебаться в 6.3 раза быстрее, или 132 000 раз в секунду, и это количество колебаний обозначим n . Теперь для создания наиболее адекватного режима мы должны заставить систему совершать лишь около $1/3$ этого количества колебаний; и это будет приблизительно количество колебаний первичной системы, как сказано выше. Теперь определяем емкость прежней, вторичной цепи, равной 1200 см, тогда емкость новой может составить лишь $1200/20 = 60$ см; следовательно, нам придется снизить шаг обмотки, чтобы увеличить емкость в 9 раз, т.е. $9 \times 60 = 540$ см, или, возможно, поместить [емкость] около 480 см на свободном зажиме катушки.

Следующее соображение относительно применения новой вторичной цепи с проводом № 30

Такой провод длиной в 1 милю будет иметь сопротивление из расчета 9.7 фута на ом согласно таблице $5280/97 \approx 544$ ома.

Чтобы получить приблизительное представление о работе катушки, предположим, что на первичном контуре может быть 40 000 вольт и что во вторичной цепи 36 витков, тогда теоретически эдс на терминалах вторичной цепи может составить $40\,000 \times 36 = 1\,440\,000$ вольт, а если вычесть 40%, уходящие на взаимную индукцию, мы можем получить $1\,440\,000 \times 0.6 = 864\,000$ вольт приложенной, или наведенной, эдс. Допустим теперь, что если бы мы имели емкость 480 см на свободном зажиме, то согласно предыдущим расчетам заряд, аккумулируемый в таком конденсаторе, составил бы:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Кулоны,} \\ \text{или} \\ \text{А/с} \end{array} \right\} \begin{array}{l} 864\,000 \times 480 / 9 \times 10^{11} \text{ на один заряд, при этом было бы } 43\,500 \times \\ \times 2 = 87\,000 \text{ зарядов в секунду, и, рассматривая в качестве при-} \\ \text{мера гипотетический случай, мы можем получить} \\ \frac{864\,000 \times 480 \times 87\,000}{9 \times 10^{11}} = \frac{86 \times 87 \times 48}{9 \times 10^4} \approx 4 \text{ А.} \end{array}$$

Ток, во вторичной цепи может быть довольно большим для провода небольшого сечения. При расходе, скажем, 50 л.с. мы можем сделать округленный расчет: $E_s i_s = 50 \times 750 = 37\,500$ ватт. При указанном выше напряжении мы получим: $864\,000 \times i_s = 37\,500$, или $i_s = 0.043$ ампера. В этом случае энергетические потери в секунду могут составить $544 \times 43^2 / 10^6 = 1\,849 \times 544 / 10^6 \approx$

1 ватт. Потери в этом случае, несмотря на огромное количество переданной энергии, будут ничтожно малы по причине большой эдс вопреки сравнительно высокому сопротивлению во вторичной цепи. Но это только кажущееся впечатление, так как для такой эдс 544 ома представляются чрезвычайно малым сопротивлением. Гипотетический пример, рассмотренный выше, вряд ли может быть реализован, он потребовал бы колоссального количества энергии.

Дополнительная катушка, применявшаяся ранее в экспериментах, а также в испытаниях со вторичным контуром из провода № 31

Приблизительная индуктивность катушки

Данные: диаметр 2 фута = 24" = 61 см = d .

Площадь = $\pi d^2 / 4 = \pi / 4 \times 3721 = 2922$ кв. см.

Длина 71" = $71 \times 2.54 =$ приблизительно 180 см.

Отсюда $L = 4\pi N^2 A / l = 12.57 \times 260^2 \times 2922 / 180 N = 260$ витков, то есть $L = 13\,925\,000$ см приблизительно = 0.0139 Гн.

Период первичной цепи определен ранее как $1/16 \times 10^4$, следовательно

$$\frac{1}{16 \times 10^4} = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{\frac{13\,900\,000}{10^9}} C.$$

Отсюда можно вычислить приблизительную величину емкости катушки, при этом резонанс наблюдался, когда первичный контур имел

$T = 1/16 \times 10^4$, как указывалось выше. Из вышеприведенного равенства мы находим $C = 10/142\,336$ микрофарады, или

$$C = \frac{9 \times 10^5 \times 10}{142\,336} = \frac{9 \times 10^6}{142\,336} = 63.2 \text{ см.}$$

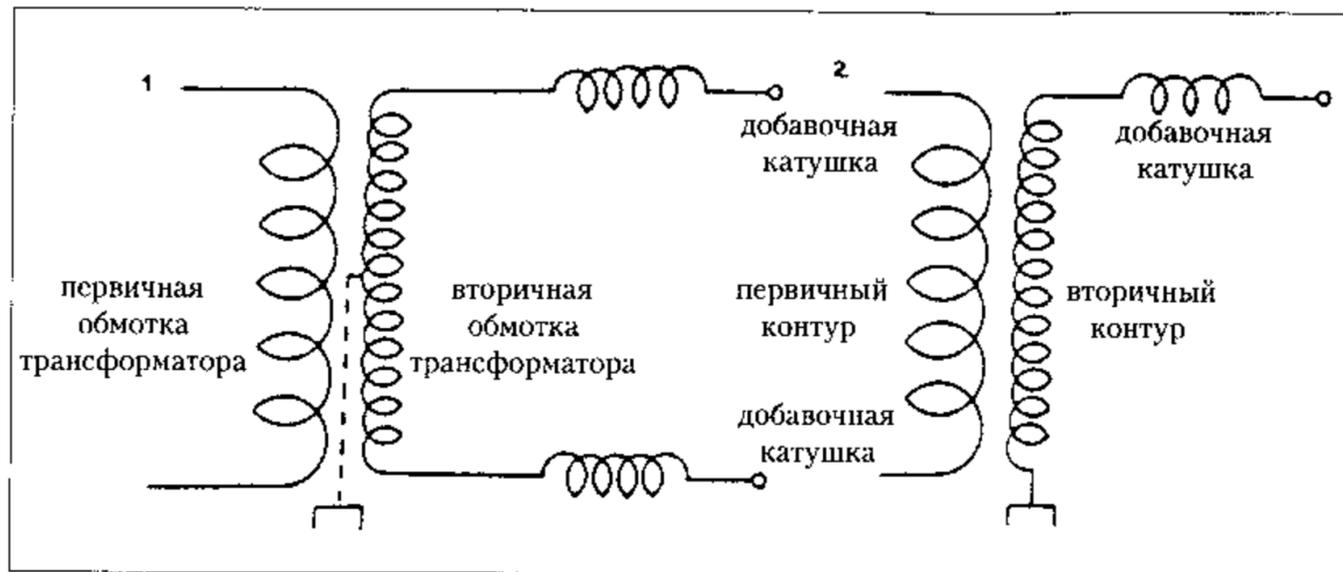
Это гораздо меньшая величина, чем можно было ожидать, исходя из предыдущих черновых расчетов. Точность найденного показателя зависит, помимо прочего, от правильного определения периода, поскольку резонанс можно получать при пониженной или повышенной частоте, но это маловероятно в случае очень интенсивных колебаний. На первичном витке было приблизительно 5000 вольт, сопротивление на катушке — 1.56 ома. Отсюда получаем $\omega = 2\pi \times 16 \times 10^4 = 1\,004\,800$, или $\approx 10^6$; $\omega L = 0.014 \times 10^6 = 14\,000$; $\omega L / R = 14\,000 / 1.56 = 8910$ как фактор увеличения приложенной эдс; *очень значительный.*

Колорадо-Спрингс

11 июля, 1899

Размышления по поводу применения добавочных катушек

Как уже указывалось, отличным способом получения избыточной электродвижущей силы и искровых разрядов значительной длины является пропускание тока от зажима осциллирующего источника через такую катушку соответствующей конструкции и размеров, желательнее с проводящим телом — лучше всего в виде сферы, соединенную со свободным зажимом. В атмосферном воздухе наивысшая экономия достигается с хорошо отполированной сферой, но для получения значительной длины искрового разряда, если это является основной целью, не следует устанавливать никакой емкости на свободном зажиме, а нужно тщательно изолировать весь провод так, чтобы стримеры могли появляться лишь на самом конце провода, который, как правило, должен быть заострен. Однако это не всегда правильно. Когда установка подает значительное количество энергии, кривизна конца провода, или терминала, присоединенного к нему, должна быть такой, чтобы стример появлялся только при близком к максимуму напряжении на выводе. В противном случае зачастую, даже когда применяется тонко заостренный вывод, стример начинает появляться уже при незначительной эдс, и это, конечно, снижает длину искрового разряда и его мощность. Соблюдение точности в проведении экспериментов и подбор вывода делают доступным получение максимально мощных искровых разрядов, какие данная установка способна выдавать. Когда условия таковы, что для получения максимально мощного разряда требуется вывод с некоторой, относительно небольшой кривизной, ее можно рассчитать заранее, так что разряд будет возникать в любой требуемой точке волны, когда эдс на выводе достигнет какой-либо заранее определенной величины. Чем меньше кривизна вывода, тем меньшая электродвижущая сила потребуется для создания условий, при которых произойдет выброс заряда в атмосферу. Фактически, кривизна вывода может служить показателем величины эдс, достигаемой на установке, и зачастую можно быстро определять приблизительную эдс, отмечая, какой именно величины сфера предотвратит выброс стримеров, и с этой целью я счел целесообразным держать в лаборатории запас таких металлических сфер различных размеров вплоть до 30" в диаметре. В такого рода экспериментах, конечно, необходимо принять меры предосторожности, чтобы не допустить погрешностей, которые могут возникнуть при любом изменении постоянных величин колебательного контура вследствие присоединения к системе тела, имеющего емкость. Величина последней должна быть достаточной, чтобы обеспечить максимальный рост напряжения. В установках с недостаточной энергией напряжение может весьма значительно снижаться при подключении емкости лишь потому, что поступающей энергии не будет хватать для ее заряда до достижения максимально



возможного напряжения. Существенное наблюдение состоит в том, что означенные добавочные катушки, у которых один из выводов свободен, позволяют получать практически любую эдс, с настолько отдаленными предельными показателями, что я бы, не колеблясь, занялся получением искровых разрядов в тысячи футов таким способом. Благодаря этой особенности, я надеюсь, метод увеличения эдс с применением незамкнутой катушки будет позднее признан в качестве существенного технического достижения. Ничего подобного таким напряжением — ни в малейшей степени — не может быть достигнуто с помощью резонирующих контуров, отличающихся тем, что они включают в себя два вывода, образующих замкнутый контур. Факты также говорят о том, что наибольшее напряжение на свободном выводе достигается при такой форме установки, в которой один из выводов заземлен. Но эти добавочные катушки с одним свободным выводом можно также использовать с обычными трансформаторами, а при использовании одной такой катушки на каждом из выводов трансформатора можно добиться получения разрядов практически любой длины. Желательно, конечно, чтобы частота токов была высокой, так как при обычных частотах тока питания длина провода в катушках окажется слишком большой. На схемах приведены примеры двух типовых установок с добавочной катушкой такого рода или с катушками: схема 1 демонстрирует их применение с обычным трансформатором, который может быть со стальным сердечником и без него, а схема 2 представляет типичное соединение, которое я применяю в своей «однополюсной» индукционной катушке. Как уже указывалось в предыдущем примере в связи с этим вопросом, для того чтобы могло произойти значительное увеличение напряжения в цепи, последняя должна быть в достаточной степени свободной от индуктивного воздействия других цепей. Из этого следует, что, хотя при условии слабого контакта вторичного контура с первичным можно добиться очень высокого напряжения, всё же напряжение никогда не будет таким высоким, как при использовании добавочной катушки, не находящейся в индуктивном контакте с первичным

контуром, потому что вторичный контур всегда влияет на первичный, подавляя тем самым колебания, в то время как добавочная катушка не реагирует таким образом, при этом увеличение напряжения будет попросту обусловлено соотношением pL/R .

Целью нижеследующего анализа является установление простых соотношений между величинами, заранее известными или принятыми, с тем чтобы дать экспериментатору возможность конструировать такие катушки без предварительных проб.

Пусть E_0 означает приложенную эдс, а E напряжение, замеренное с учетом свободного зажима, т.е. максимальное напряжение, p — произведение $2\pi n$, как обычно, L — индуктивность добавочной катушки и R — ее сопротивление;

теперь мы получим известное соотношение $E = \frac{pL}{R} E_0$.

Очевидно, что максимальный подъем произойдет, когда период возбужденной системы, или добавочной катушки, совпадет с периодом колебательной системы, инициирующей перемещение, ибо, несмотря на то, что результаты, полученные с более низкой или предельно высокой частотой, и в особенности с первой, могут быть иногда столь поразительны, что их можно ошибочно принять за эффект подлинных колебаний, они тем не менее всегда будут ниже, и я, как правило, беру самые верхние и полутона, чтобы быть уверенным в результате, когда имеется какое-либо сомнение в этом отношении. В обычном порядке на практике первой заданной единицей будет частота, следовательно, длина волны должна быть принята в качестве первой постоянной величины. Но как уже констатировалось в связи с другой ситуацией, в установке, спроектированной с целью получения наилучшего результата, фактическая длина волны должна быть равной той, которую можно получить, взяв за основу скорость распространения v , равную скорости света. Выше я уже отмечал, что это, в сущности, не соответствует истине, фактическая длина волны всегда меньше теоретической длины, и я намерен собрать данные, полученные в результате многих экспериментов с катушками, имеющими намотку из разных проводов и различных размеров, благодаря чему появится возможность всегда заранее получать требуемую длину для любого конкретного провода, изоляции и величины катушки и т.д. путем умножения теоретической длины на коэффициент, зависящий от этих и других конкретных данных такого рода, различных в каждом частном случае. Такие коэффициенты, безусловно, будут полезны практикам. Основным фактором, определяющим длину провода, является распределенная емкость, и я вполне допускаю, что при соответствующей конструкции ее можно настолько уменьшить, что длина провода будет очень близка к теоретической длине, или длине одной четверти волны, как показывает расчет, если исходить из расчета скорости света. Значит, в таком случае, если l — длина провода в добавочной катушке, а λ — длина

волны, то длина провода будет определяться как $l = \lambda/4$. Тогда, поскольку $\lambda = v/n$, где n есть частота, и, кроме того, $n = p/2\pi$, мы получаем $\lambda = \frac{v}{p/2\pi}$, или

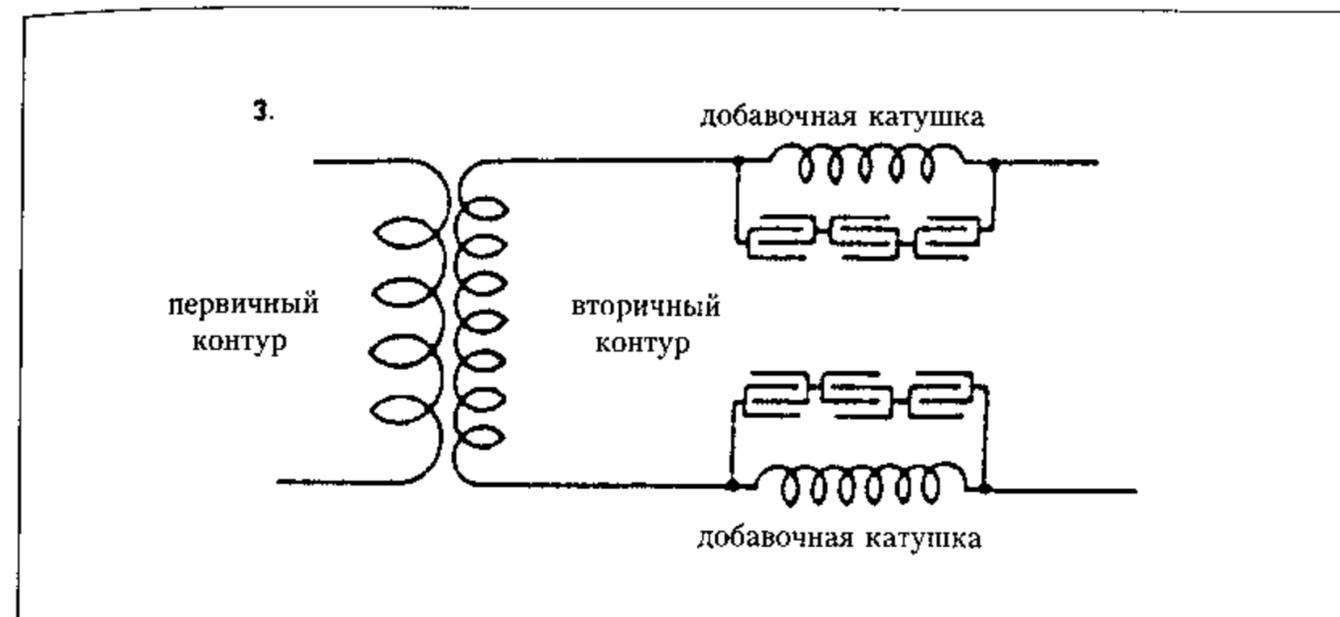
$2\pi v/p = \lambda$. Это простейший случай. Период возбуждающей системы, так же как и возбуждаемой, составляет

$$T = 2\pi\sqrt{LC},$$

где C есть емкость в фарадах и L — индуктивность в генри } каждой из добавочных катушек, или

$$n = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{p}{2\pi}, \text{ или } p = \frac{1}{\sqrt{LC}}, \text{ или } LC = 1/p^2.$$

Это условие, как известно, должно быть соблюдено, какой бы ни была длина провода, чтобы обеспечить максимальное увеличение напряжения, а также очевидно, что p должно обозначать одно и то же число для обеих систем. Теперь, несомненно, в любом случае, проектируя установку, экспериментатор будет знать приблизительно, на какую эдс он может гарантированно рассчитывать, и, следовательно, он будет иметь представление о том, сколь велика будет разница в напряжении между витками, а это, в свою очередь, поможет ему понять, каким образом он должен разместить витки с наибольшей выгодой. Более того, он сразу же увидит, что самой простой формой такой катушки, а также наиболее дешевой будет катушка с одним слоем и, остановившись на этой форме, он получит приблизительное значение диаметра выбранной им катушки. Конечно, это будет в большой степени зависеть от типа применяемого им провода и особенно от изоляции, так как чем надежнее изоляция, тем ближе будут находиться две точки катушки, между которыми будет иметь место определенное максимальное напряжение. Далее, при условии, что диаметр сооружаемой катушки определен, и с учетом того, что витки наматываются, пока не будет достигнут резонанс, сразу же становится видно, что индуктивность катушки и ее емкость отличаются в равной мере. Если на цилиндр намотано больше витков, их количество будет пропорционально длине катушки, следовательно, длине провода, и индуктивность будет пропорциональна — с одной стороны квадрату витков, или, соответственно, квадрату длины провода, а с другой стороны — она будет обратно пропорциональна длине провода, индуктивность в целом будет пропорциональна соотношению l^2/l , или l , иными словами, индуктивность катушки при большем количестве



витков будет возрастать с увеличением длины провода. Понятно, то же произойдет и с распределенной емкостью. И, более того, по тем же причинам с учетом конкретных условий, и емкость, и индуктивность катушки будут меняться обратно пропорционально расстоянию между витками, которое я буду обозначать как t . Так как количество витков будет обратно пропорционально t , а длина катушки прямо пропорциональна t , следовательно, индуктивность будет обратно пропорциональна t ; а что касается распределенной емкости, она будет, безусловно, обратно пропорциональна t . Следовательно, мы можем выразить обе искомые величины L и C (распределенная емкость) через l и t . Но следует помнить, что в уравнении $LC = 1/p^2$ C есть емкость, относящаяся к катушке на свободном терминале, а не распределенная емкость. Следовательно, если мы намного увеличим емкость на свободном зажиме в сравнении с распределенной емкостью катушки, или, если емкость, ассоциируемую с катушкой, увеличим, например, путем шунтирования катушки с конденсатором, как показано в схеме 3, или любым иным способом, но так, чтобы распределенную емкость можно было исключить, тогда конструкция катушки значительно упрощается, поскольку в этом случае одну из констант, предпочтительно C , можно определить заранее, а другую константу вычислить. При таких условиях лучше определить сначала емкость, потому что не составит труда определить, какой тип конденсатора следует использовать, когда напряжение на зажимах катушки приблизительно известно. Иногда бывает целесообразным выбрать ранее предложенную конструкцию, что гарантирует исключение внутриконтурной емкости путем размещения конденсаторов последовательно с витками катушки, а затем просто сделать расчет одной из констант, определив значение для другой константы, любой из двух, более удобной. Я также убедился в том, что в некоторых случаях можно использовать определенные методы регулировки, позволяющие проводить точные измерения, связанные с увеличением напряжения в возбужденном контуре,

и настраивать небольшое количество витков сначала на гораздо более высокую частоту, а по завершении этой регулировки сделать расчет размеров катушки для основных частот на базе экспериментальных данных. Но в большинстве случаев такие возможности не являются легкодоступными, и приблизительный расчет придется осуществлять другими способами.

Есть ряд других соображений, которые, если следовать логике предыдущих рассуждений, приведут к выведению простых соотношений между величинами, принятыми первоначально, и дадут экспериментатору возможность построить такую катушку, которая соответствовала бы исходным данным без предварительного испытания, и некоторые из них я предполагаю рассмотреть дополнительно. В этот раз я покажу метод, который в тех случаях, когда применялись расчетные данные, дал удовлетворительные результаты.

Идеальная емкость C , которая соответствует уравнению $LC = 1/p^2$, всегда есть функция распределенной емкости C_1 , и более того, линейная функция, так что $C = K_1 C_1$, где K_1 — константа, значение которой можно вывести из результатов множества различных экспериментов, проводившихся с этой целью. Но данная емкость C_1 , как доказывают многие эксперименты с катушками самых разных размеров, прямо пропорциональна длине провода и его диаметру и, кроме того, диаметру барабана. Последнее станет понятным, когда увидим, что чем больше диаметр барабана, тем больше разность потенциалов между витками и, следовательно, тем большее количество энергии аккумулируется в катушке с заданной длиной и диаметром провода. В итоге величина C_1 будет обратно пропорциональна расстоянию между витками — τ . Что касается диэлектрической постоянной, ее следует принимать во внимание только тогда, когда витки расположены совсем близко один к другому, так что всё пространство между витками заполнено диэлектриком. Когда витки расположены на большом расстоянии, эту константу можно принять = 1. Отсюда следует, что емкость C , понимаемую, как сказано выше, можно выразить следующим уравнением:

$$C = K \frac{Ddl}{\tau \times 9 \times 10^{11}},$$

если можно пренебречь диэлектриком. При этом D есть диаметр барабана, d — диаметр провода, l — длина провода, τ — расстояние между витками. C есть идеальная емкость, которая может удовлетворять уравнению $LC = 1/p^2$, выраженному в фарадах. Константа K определяется экспериментально. Когда витки расположены очень близко, необходимо ввести диэлектрическую постоянную, и C будет умножаться на величину последней. Теперь индуктивность добавочной катушки, которую необходимо установить, равна

$$L = \frac{4\pi AN^2}{l_1 \times 10^9} \text{ генри.}$$

При этом A — площадь катушки в кв. см, N — количество витков, а l_1 — длина катушки в см. Тогда $A = \pi/4 D^2$, $l_1 = N(\tau + d)$. Следовательно, индуктивность будет равна

$$L = \frac{4\pi \frac{\pi}{4} D^2 N^2}{N(\tau + d)10^9} = \frac{\pi^2 D^2 N}{(\tau + d)10^9} \text{ генри.}$$

Имея значения для L и C , мы получаем, со ссылкой на вышеуказанное,

$$\frac{1}{p^2} = \frac{\pi^2 D^2 N}{(\tau + d)10^9} \times \frac{dlD}{\tau \times 9 \times 10^{11}} K, \text{ или } p^2 = \frac{(\tau + d)\tau \times 9 \times 10^{20}}{\pi^2 D^3 dlNK}.$$

Поскольку диаметр барабана принят, будет целесообразно, исходя из практических соображений, определить число витков N . Величины D и τ , бесспорно, взаимосвязаны, так как, если предположить значение D и выбрать напряжение, которое мы можем получить, то τ практически уже известно. Диаметр провода будет в большинстве случаев также выбираться заранее, так что потом нужно будет определять только N , чтобы удовлетворять условиям появления резонанса для любой заданной частоты. Раз $l = \pi DN$, следовательно, подставив это выражение, мы, исходя из вышеприведенного, получаем:

$$p^2 = \frac{(\tau + d)\tau \times 9 \times 10^{20}}{\pi^2 D^3 dN\pi DNK}, \text{ или } p^2 = \frac{(\tau + d)\tau \times 9 \times 10^{20}}{\pi^3 D^4 dN^2 K} \text{ и, следовательно,}$$

$$N^2 = \frac{(\tau + d)\tau \times 9 \times 10^{20}}{\pi^3 D^4 dp^2 K}, \text{ или } N = \frac{3 \times 10^{10} \sqrt{(\tau + d)\tau}}{D^2 p \sqrt{\pi^3 K} \cdot \sqrt{d}} \dots$$

Эта формула может дать примерное представление о том, сколько следует наматывать витков в тех случаях, когда длина провода, благодаря емкости в возбужденном контуре, меньше, чем $\lambda/4$ (или, соответственно, меньше, чем $\lambda/2$, если схема отличается от той, что представлена на чертежах, то есть не такая, где потенциал на одном терминале во много раз выше, чем на другом, а обычная схема, в которой просимметричный подъем и спад напряжения на обоих полюсах), но уравнение допускает, что K , диэлектрическая постоянная, = 1, или около того.

В ряде экспериментов значение K для провода № 10, который использовался в предыдущих экспериментах, оказалось почти равным $52/10^6$. Введя это значение в уравнение для N и уменьшив постоянные величины, мы находим

$$N = \frac{747 \times 10^9}{D^2 p} \sqrt{\frac{\tau(\tau + d)}{d}}.$$

Чтобы убедиться, насколько точное значение N дает эта формула для конкретного случая, рассмотрим, к примеру, вторичный контур с 40 витками, эксперименты с которым проводились ранее. В этом частном случае мы имеем следующие данные:

диаметр катушки, усредненный, 40 футов = 480" = 1220 см приблизительно. $D = 1220$ см; $D^2 = 1488 \times 10^3$; $\tau = 5$ см; $d = 0.254$ см.

Резонанс во вторичном контуре, судя по проведенным ранее испытаниям, имел место при периоде первичного контура $T = 4.836/10^5$, что было также равно периоду вторичного контура, и отсюда $n = 20700$ приблизительно, а это дает $p \approx 130000$. На базе этих данных мы можем получить:

$$N = \frac{747 \times 10^9}{D^2 p} \sqrt{\frac{\tau(\tau + d)}{d}} = \frac{747 \times 10^9}{1488 \times 10^3 \times 13 \times 10^4} \sqrt{\frac{5 \times 5.254}{0.254}} =$$

$$= \frac{747 \times 10^2}{1488 \times 13} \sqrt{103.4} = \frac{747 \times 10^2}{19344} \times 10.16 =$$

$$= \frac{747 \times 1016}{19344} = \frac{758952}{19344} = 39.24 \text{ витка.}$$

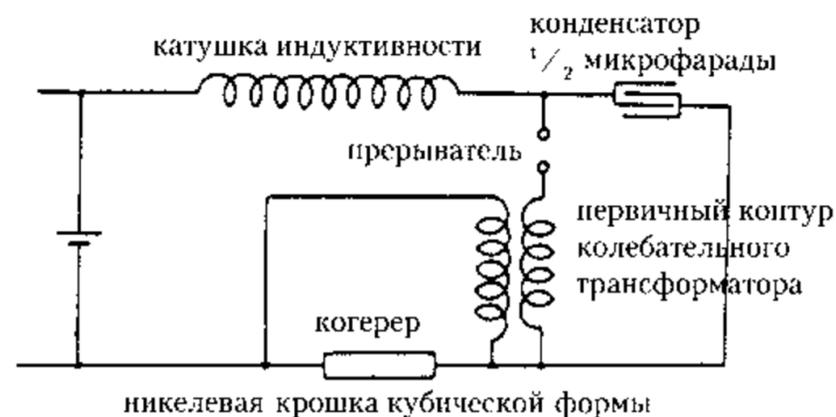
Этот результат действительно представляется весьма точным для 40 витков, необходимых для создания условий резонанса, что доказано экспериментально.

Эта работа будет доведена до конца.

Колорадо-Спрингс

12 июля, 1899

Катушка индуктивности для конденсаторного способа в соединении с колебательным трансформатором. Адаптирована к Томасовскому часовому механизму при наличии слюдяного конденсатора на $1/2$ микрофарады (один из двух малых конденсаторов)



Дана емкость в $1/2$ микрофарады, прерывание также известно: зубчатое колесо часового механизма, служащее для замыкания и размыкания контакта, имеет 180 зубцов и поворачивается на 20 оборотов за минуту. Это дает $180 \times 20/60 = 60$ прерываний в секунду. Причем при каждом замыкании и размыкании мы имеем волну в конденсаторе, и настройку можно производить или при $n = 60$, или $n = 30$. Наилучший результат, судя по прежним экспериментам с генераторами, получится, если сделать $n =$ числу прерываний. Тогда мы получаем:

$$T = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{L \times \frac{1}{2}}; \quad T = \frac{1}{n} = \frac{1}{60} = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{L \times \frac{1}{2}},$$

отсюда $L = L = \frac{2 \times 10^3}{144} = 2000 : 144 \approx 14$ генри.

Это, по всей видимости, невозможно осуществить, имея конденсатор на $1/2$ микрофарады. Следовательно, необходим более крупный конденсатор или более быстрый прерыватель — смогут ли колебания всегда иметь место при наличии высокого сопротивления чувствительного устройства? $4L/C >$

R^2 . Примем $L = 1$ генри, и мы получим $\frac{4}{1} > R^2$, $8 \times 10^6 > R^2$, или при-

мерно $3000 > R$. Это доказывает, что хотя сопротивление и может быть очень большим, колебания всё-таки будут иметь место.

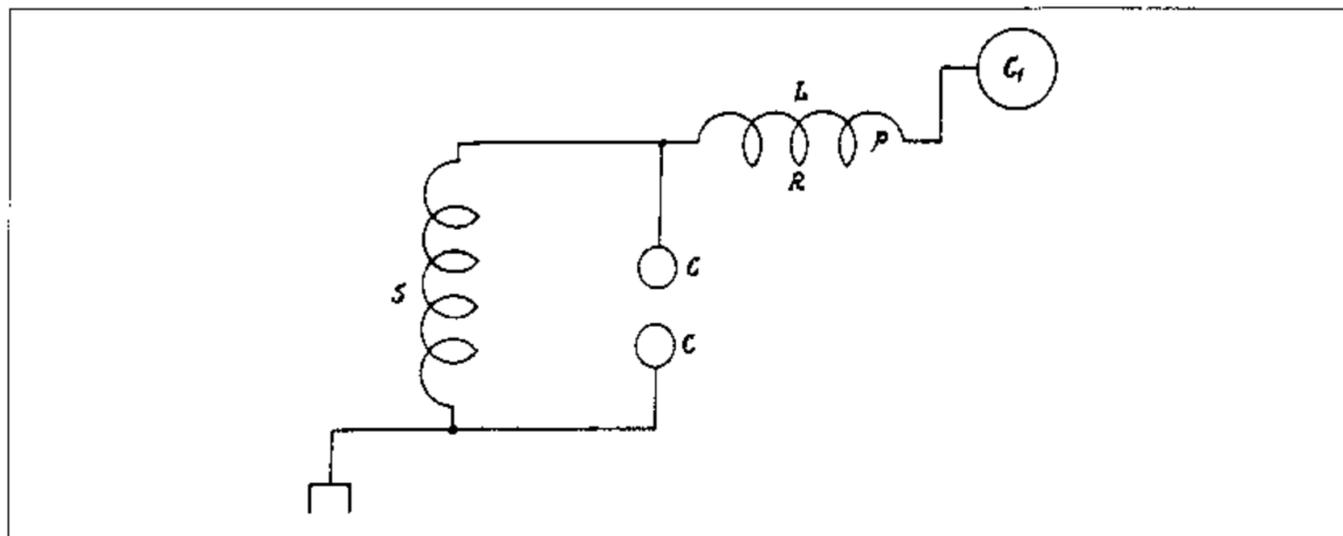
Проработать.

Колорадо-Спрингс

13 июля, 1899

Размышления по поводу работы генератора колебаний без искрового разряда во вторичном контуре

Этот метод дает значительное преимущество вследствие экономичности, а также благодаря возможности точной синхронной настройки. Применение искрового разряда усложняет последнюю, поскольку с изменением расстояния между зажимами меняется емкость, а также потому что искровой разряд создает временное короткое замыкание. Вообще это сложный процесс и настройка удастся лишь отчасти. Однако использование искрового разряда позволяет добиваться значительной скорости коммутации и применять короткие волны. Специфика коротких волн обеспечивает высокую эдс и, как следствие, значительный выигрыш в расстоянии. Получение высокой эдс с короткими



волнами без искрового разряда трудноосуществимо. С другой стороны, длинные волны менее поглощаемы и дают возможность точной настройки. Представленный выше чертеж обеспечивает, как мне кажется, особые преимущества, которые, как оказалось, неплохо проявили себя в нью-йоркском генераторе.

S – вторичный контур генератора. К нему присоединена катушка L с емкостью C_1 . Вторичный контур зашунтирован посредством конденсатора CC . Этот конденсатор может быть в виде больших сфер, если это осуществимо. По сферам не должно проходить никаких искр, а также не следует допускать появления стримеров. Нужно настроить таким образом, чтобы система LC_1 работала на любой высшей гармонике. В этой системе Lp/R должно быть по возможности большим. Свободные колебания LC_1 можно передать в землю через конденсатор CC .

Колорадо-Спрингс

14 июля, 1899

Дополнительные соображения относительно возможностей получения большего количества энергии во вторичном контуре без искрового промежутка

Метод, который применялся в экспериментах в Нью-Йорке около полутора лет тому назад и был исключительно эффективен, позже должен был обеспечить получение очень быстрых колебаний в первичном контуре и индуцировать токи во вторичном контуре из нескольких витков, один из выводов которого имеет заземление, а второй соединен с большой емкостью. Соединения были выполнены так, как здесь показано.

Схема 1. Зарядный постоянный ток 220 вольт. Ртутный прерыватель 1 600 в секунду. Вторичный контур S_1 с малым конденсатором C и искровым промежутком d , первичный контур P 2–3 витка.

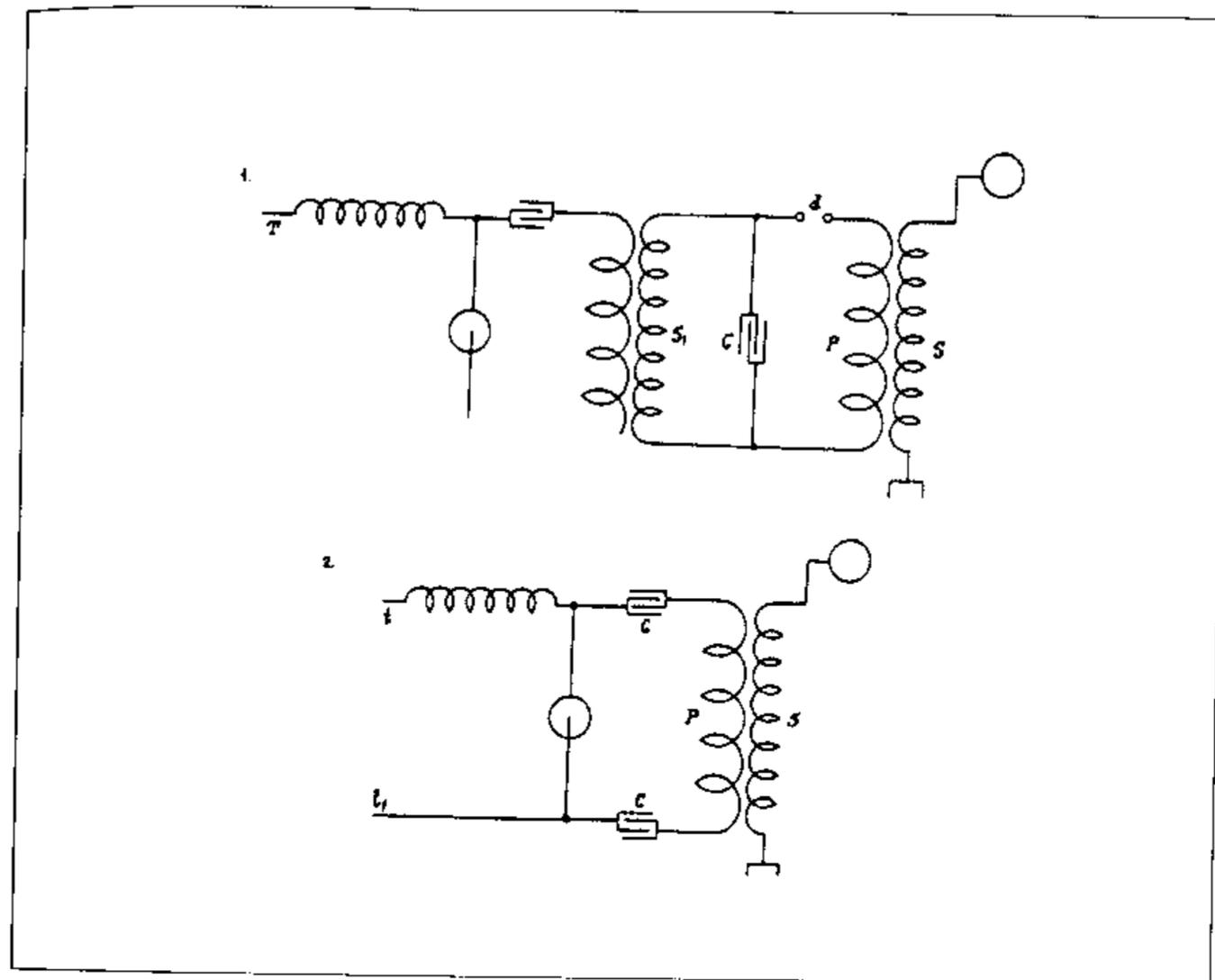
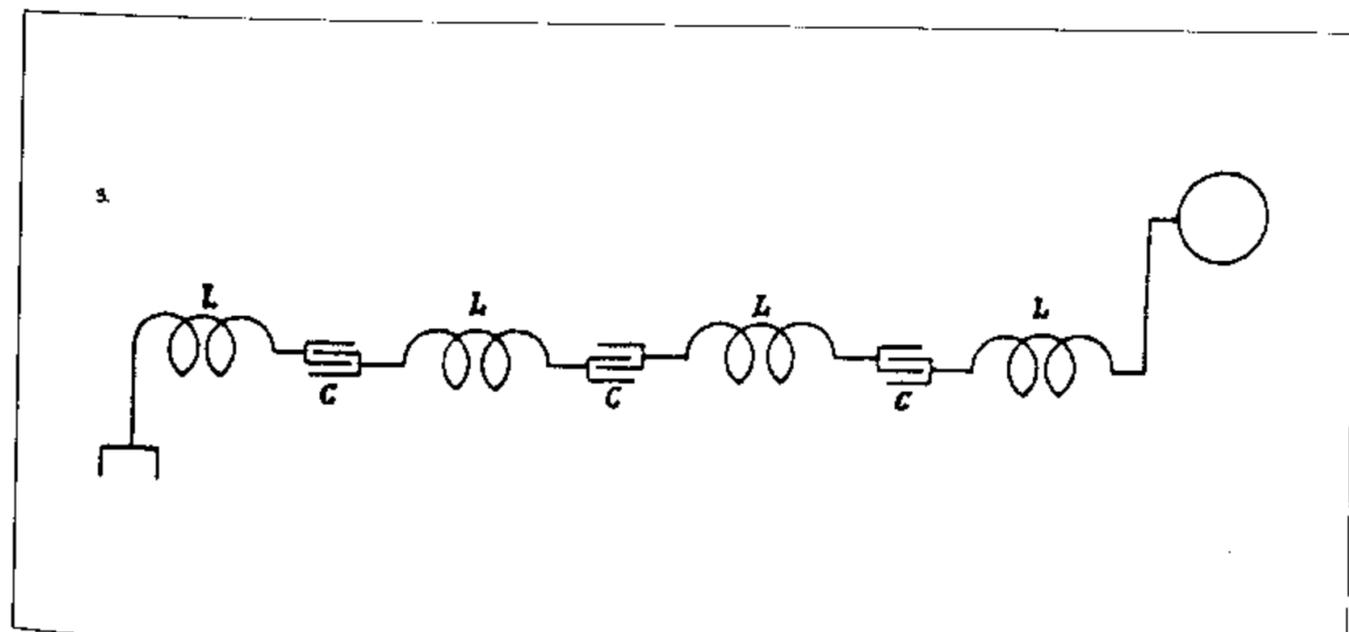


Схема 2. Цепь питания около 600 В; малые конденсаторы CC , $1/2$ микрофарады каждый; 1 виток первичного контура. Оба устройства работали хорошо, второе – более экономично, но при большой длине волн.



3. Этот метод (и по-видимому, лучший) предусматривает вторичный контур, который состоит из ряда элементов, каждый из которых конденсатор и катушка, оба элемента с высокой частотой колебаний, и все они соединены последовательно. Частота колебаний первичного контура должна соответствовать колебаниям каждого элемента вторичного контура. Таким образом можно получать любую эдс, при этом вторичный контур может иметь любую длину, и всё же он будет производить высокочастотные колебания.

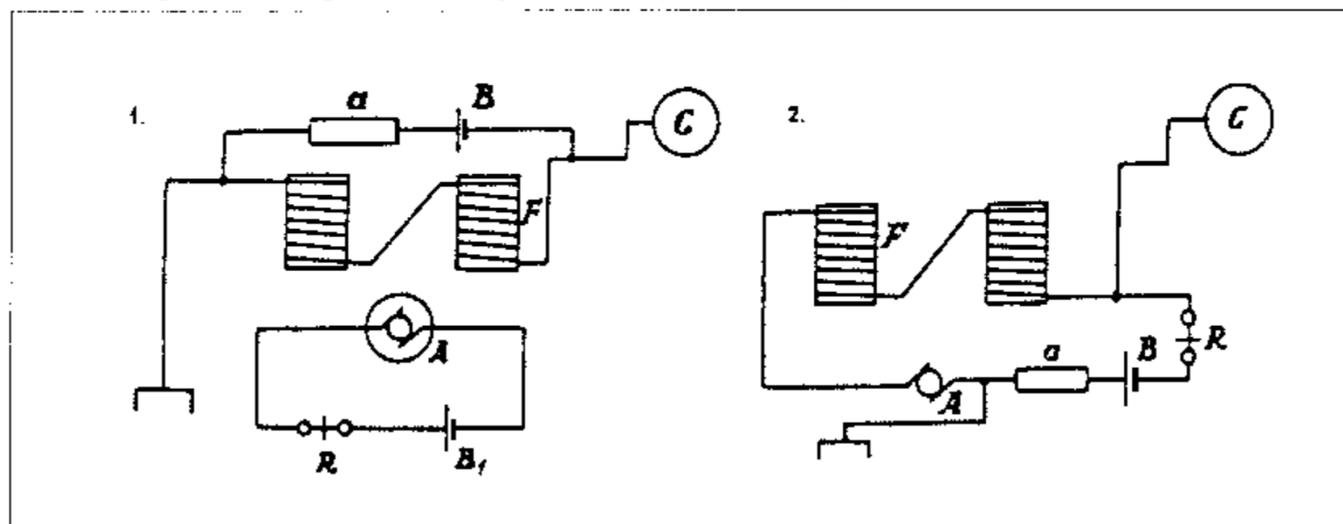
Проследить.

Колорадо-Спрингс

15 июля, 1899

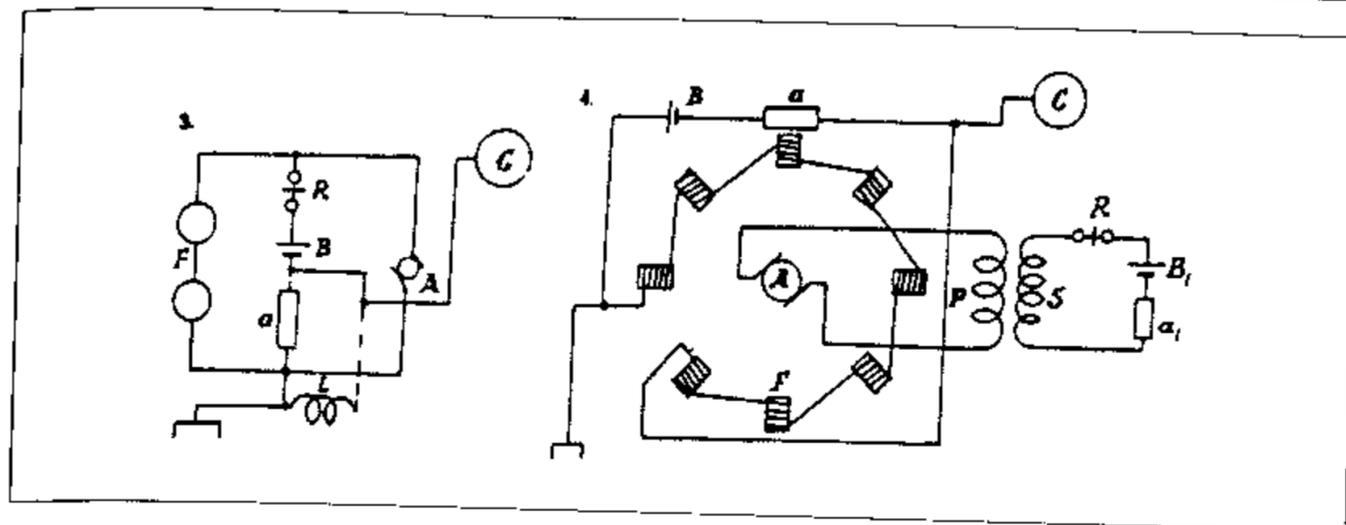
Некоторые схемы в телеграфии, где применяется принцип работы динамо-машины (впервые опубликованы несколько лет тому назад)

Установка, построенная два года тому назад в Нью-Йорке, работала очень хорошо. Определим лучший вариант из приведенных ниже:



В варианте 1 чувствительное устройство a с батареей находятся в поле F . В якорной цепи, независимо, приемное устройство R и батарея B_1 . Приемником может быть реле, а для обеспечения большей чувствительности в якорную схему можно подключить удобным способом дополнительное чувствительное устройство, подобное a . В варианте 2 якорная цепь и цепь обмотки возбуждения соединены последовательно, батарея и приемник соединены параллельно к ним обеим, а также чувствительное устройство a .

В схемах 3 и 4 чувствительное устройство может быть также соединено последовательно с обмоткой возбуждения или обмоткой возбуждения и якорем, хотя схемы 1 и 2 кажутся предпочтительнее. В 3 схеме представлен



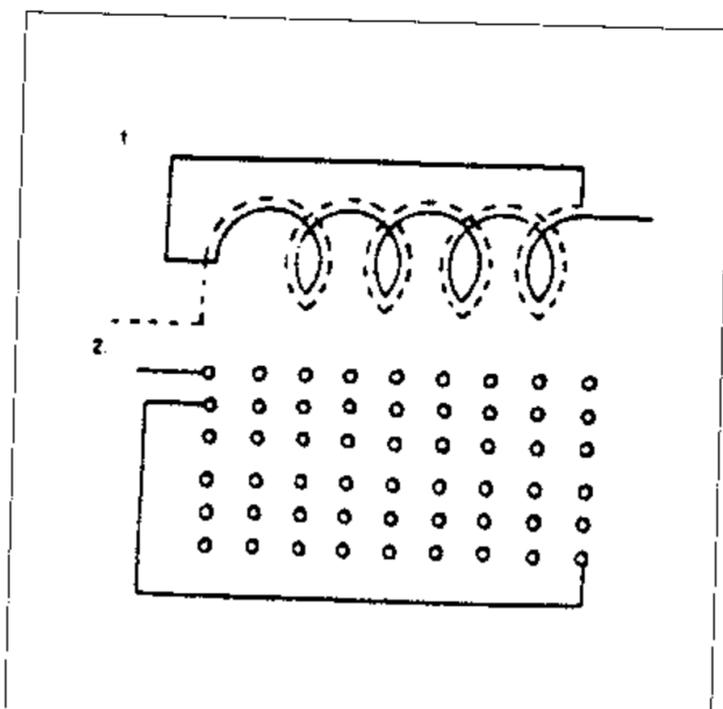
шунтовой генератор, цепь с чувствительным элементом также соединена параллельно зажимам генератора. Кроме того, для регулирования возбуждения генератора в цепь шунтовой обмотки с высокой индуктивностью включено чувствительное устройство. Такой шунт можно также очень эффективно использовать в схеме 2.

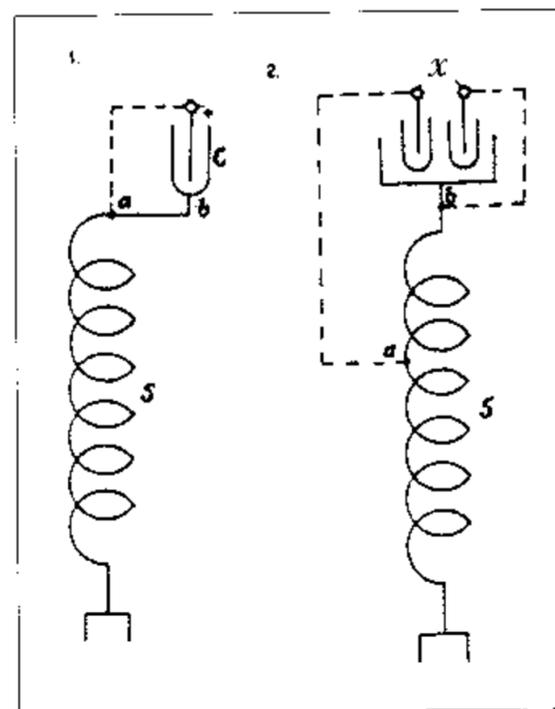
Схема 4 иллюстрирует один из способов размещения с подключением генератора переменного и желательного высокочастотного тока. Буквенные обозначения не требуют пояснений. Чувствительное устройство a_1 можно исключить.

Колорадо-Спрингс

16 июля, 1899

Чтобы создать максимально возможное перемещение электричества через сферу Земли в соответствии с проектом, предполагающим использование генератора с единичным зажимом, эксперименты с которым ведутся сейчас, желательнее достичь каким-либо образом большой емкости на свободном зажиме. Это связано с трудностями, так как сферы окажутся слишком большими при умеренных напряжениях, а когда напряжения достигают миллионов показателей, бороться со стримерами будет трудно.





Стримеры влекут за собой потерю напряжения точно так же, как утекает вода из трубы, в которой закрыт только один конец. Большая емкость достижима разными способами, некоторые из них таковы:

1) Катушка с намоткой, обеспечивающей максимальную емкость (внутриконтурную). Витки расположены таким образом, что между прилегающими витками смежных слоев существует значительная разность потенциалов, настолько большая, какую только может выдержать изоляция. Это лучше всего сделать по схеме 1, согласно которой между каждыми двумя витками наблюдается половина общей разности напряжения, активно действующего на зажимах катушки. Но можно воспользо-

ваться другими компоновками, такими, например, как в схеме 2, или можно применить аналогичные размещения, с тем чтобы разность напряжений между соседними слоями была возможно большей. Или можно увеличить емкость с помощью токопроводящего покрытия поверх изоляции провода, которое может быть надлежащим образом соединено так, чтобы обеспечить максимальное аккумулярование энергии в катушке.

2) Полезным способом обеспечения требуемой емкости является применение резервуара, газ в котором в той или иной степени разрежен. Входящие в него электроды должны быть из проволоочной сетки и представлять собой большую поверхность, но совершенно незначительного радиуса кривизны. Я нахожу такой способ получения большой емкости весьма надежным в телеграфии в сочетании с приемниками и их сетями. Водород представляется наилучшим среди других газов для применения в вакуумном резервуаре.

3) Кроме того, емкость можно поддерживать с помощью аккумуляторной батареи или вольтметра или жидкостных конденсаторов.

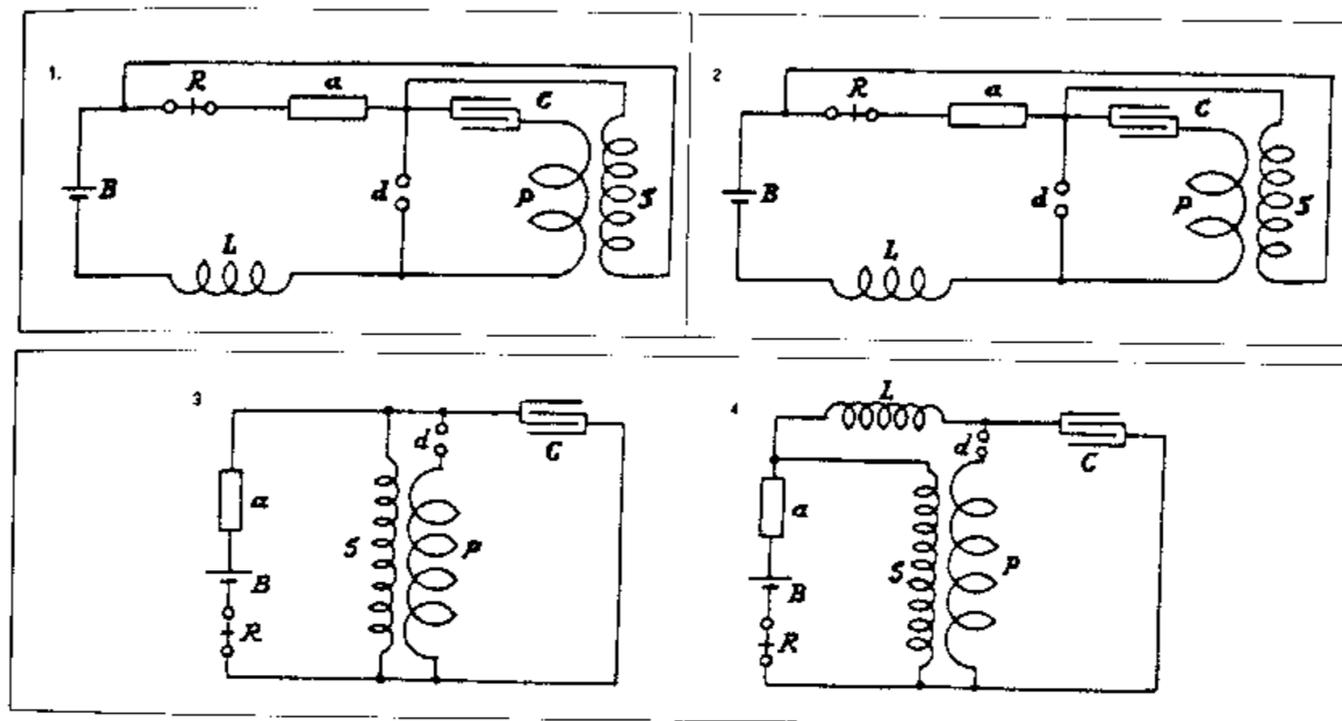
4) Еще одним способом является размещение локальных конденсаторов на конце провода вблизи свободного терминала. Это показано на прилагаемых чертежах. На схеме 1 и 2 представлены две из многих компоновок. На схеме 1 конденсатор помещен на свободном конце вторичного контура S генератора, при этом второй конец заземлен. Одна обкладка напрямую присоединена к концу вторичного контура, то есть к b , другая обкладка — к точке a , которая имеет соответствующую разность потенциалов относительно b . Когда генератор работает, в конденсаторе C аккумуляруется энергия, и вся эта энергия должна передаваться через вторичный контур, осуществляя тем самым большее перемещение в землю и из нее. Другой вариант компоновки показан на

схеме 2. В точках, отмеченных x , можно поддерживать дугу. При правильной настройке получается очень хороший результат.

Колорадо-Спрингс

17 июля, 1899

Некоторые компоновки экспериментальных устройств.
Модификации предыдущих проектов



Здесь реле помещается последовательно с чувствительным устройством, но во вторичном контуре. Таким образом прерыватель не влияет на работу реле. Заряд конденсатора можно регулировать, варьируя L или с помощью сопротивлений, соединенных последовательно с L , или с S .

В этой диспозиции на реле влияет прерыватель, но это воздействие оказалось в некоторых случаях полезным; возможно, вторичный контур S был более эффективен при размыкании через чувствительное устройство a .

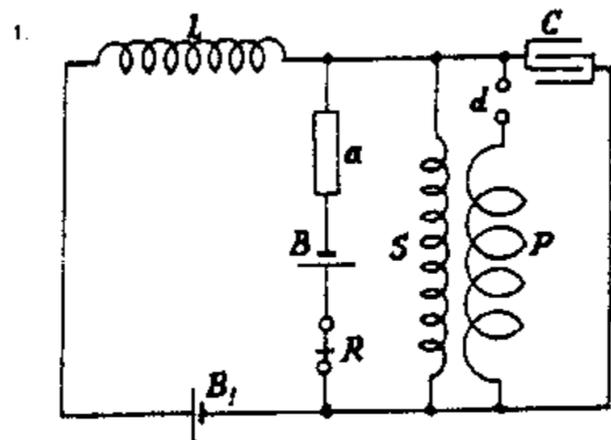
Это размещение отличается простотой и обеспечивает хорошие результаты, но возникла одна помеха в виде короткого замыкания вторичного контура через конденсатор, который, неизбежно, слишком велик для вторичного контура высокого напряжения, поскольку он согласован с первичным контуром P . Вышеназванный дефект в значительной степени уменьшится путем введения в схему регулируемой индуктивности L резистора, используемого вместо L . Во всех этих комбинациях элементов используется эффект накопления действия чувствительного элемента.

Колорадо-Спрингс

18 июля, 1899

Другие компоновки экспериментальных устройств

На схеме 1 возбуждение конденсатора, а также, как следствие, чувствительного устройства a регулировалось с помощью регулируемой индуктивности и дополнительной батареи B_1 . Батарея B может действовать через устройство a в том же или противоположном направлении. Первое оказалось, несомненно, предпочтительнее.



Из этих двух соединений первое имело преимущество, так как батарея функционировала, только когда возбуждалось чувствительное устройство.

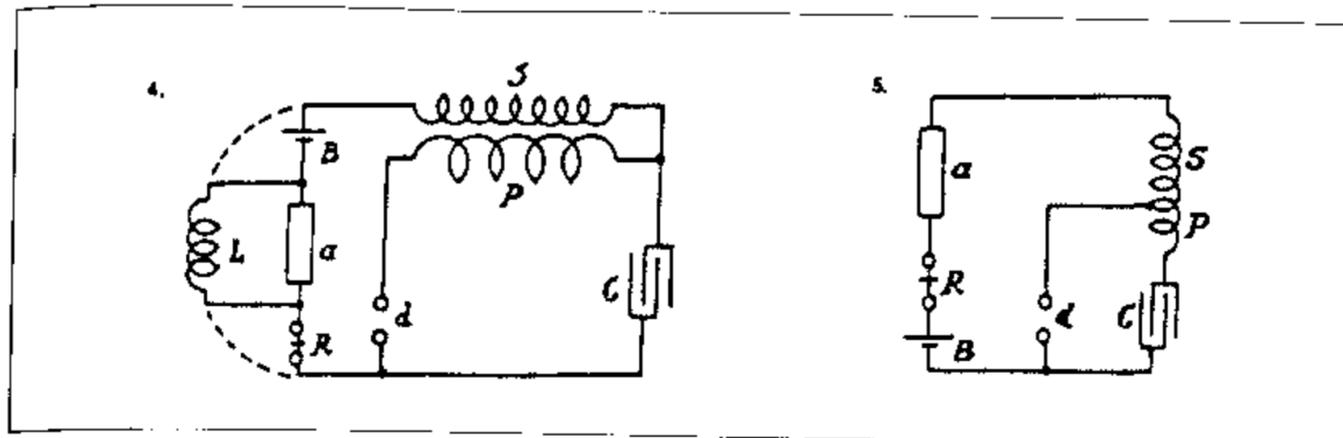
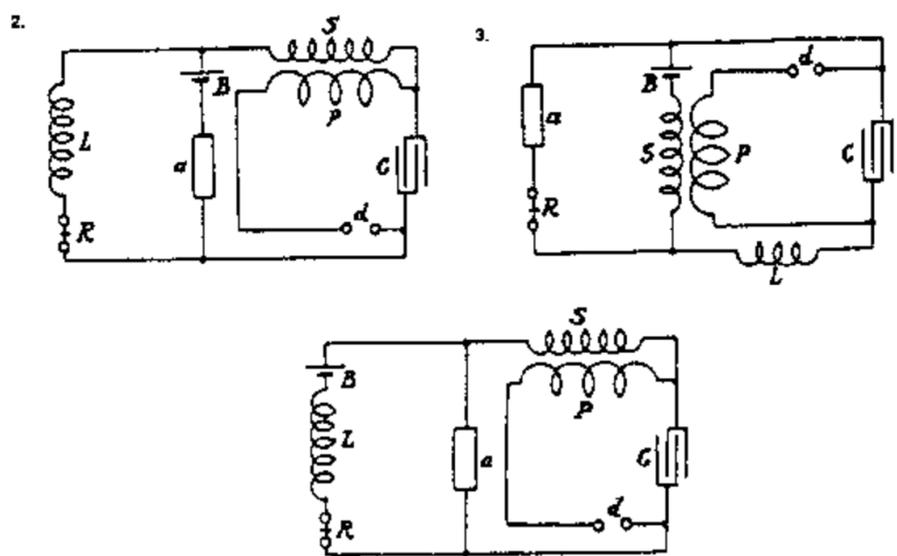


Схема 3 аналогична той, которая была ранее апробирована в экспериментах, только батарея B помещалась таким образом, чтобы она могла заряжать конденсатор.

Чтобы довести возбуждение чувствительного устройства до точки пробоя, катушка индуктивности L (высокой частоты) помещалась рядом с ним (4). Эта катушка также была опробована с измененными соединениями, обозначенными пунктирными линиями.

Здесь опять использовался участок вторичного контура в качестве первичного. Такая компоновка сработала удачно, вероятно, потому что ранее в некоторых случаях вторичный контур был не замкнут, а увеличение напряжения после небольшого возбуждения устройства a было значительным. Это применимо для устройства с большим сопротивлением.

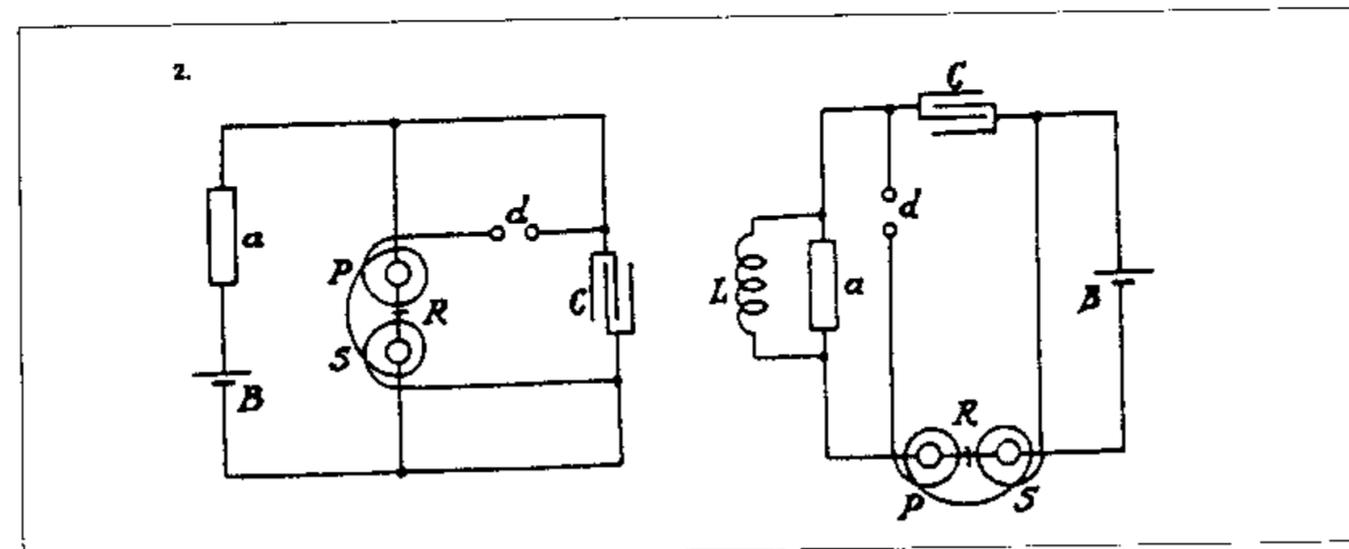
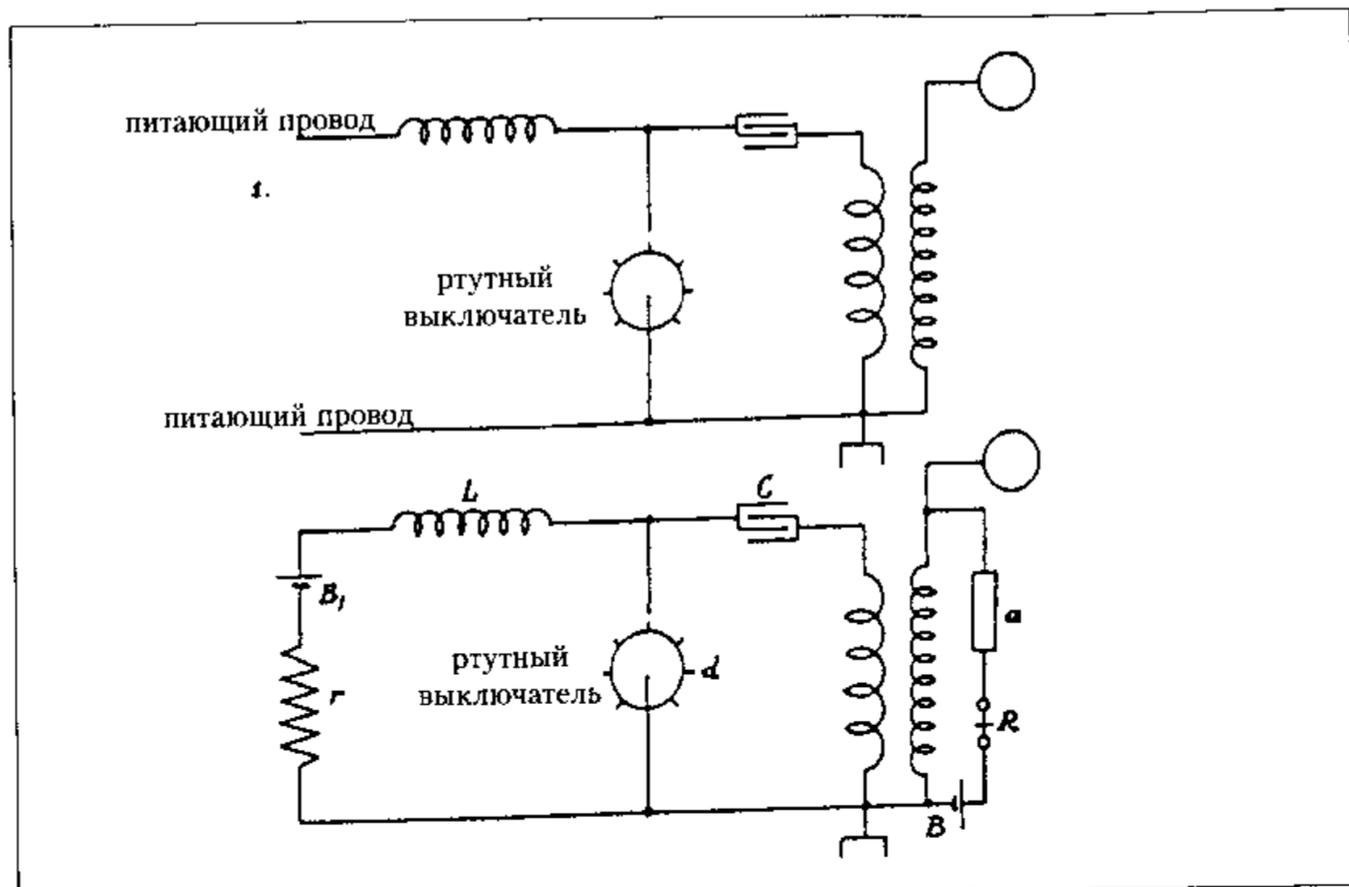
Колорадо-Спрингс

19 июля, 1899

Некоторые простые комбинации, осуществимые в настоящее время

Соединения в промышленном генераторе показаны в первой схеме. Так, аппарат используется в качестве передатчика. Однако соединения можно переключить таким образом, что его можно использовать для приема сообщений. Один из простейших способов подключения представлен на схеме (с. 104). Реле R должно иметь небольшую индуктивность. Возбуждение прибора a регулируется батареями B_1 . Для облегчения настройки подключается также сопротивление r . Включение должно быть рассчитано во всех деталях.

Применение метода возбуждения устройства a с помощью колебательного трансформатора позволяет отказаться от создания специального прибора, если первичный контур намотать непосредственно на реле, так что реле само становится трансформатором. Это видно из схем. В первой схеме батарея должна представлять собой разомкнутую цепь, во второй — замкнутую.



Колорадо-Спрингс

20 июля, 1899

Гальванометр из колледжа в Колорадо, установленный на свинцовую плиту и четыре резиновые опоры

Свинцовая плита в 50 фунтов. Сопротивление примерно 2530 ом. Нить накала очень короткая, колебания быстрочередующиеся, в целом, не самое лучшее качество, но из возможного подходящее для приблизительных опре-

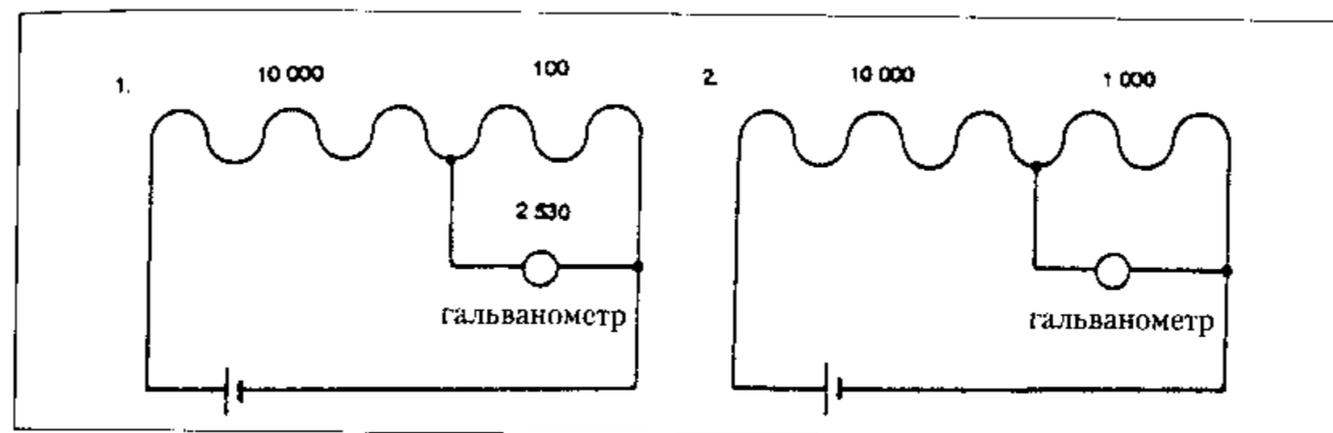
делений коэффициентов и замера сопротивления и прочего.

I сухая батарея 1.43 вольта.

$$i = \frac{e}{10\,000 + \frac{2530 \times 100}{2630}} = \frac{1.43 \times 2630}{2630 \times 10\,000 + 2530 \times 100}$$

$$i = \frac{1.43 \times 263}{2\,655\,300}$$

что дало величину отклонения, равную 13.5.



Таким образом, ток в гальванометре составлял $I = 100/2530i$, или

$$I = \frac{10}{253} \times \frac{1.43 \times 263}{2\,655\,300} = \frac{376.09}{67\,179\,090}$$

Это соответствует 13.5 градуса шкалы, отсюда K – сила тока на один градус шкалы

$$K = \frac{376.09}{67\,179\,090 \times 13.5} = \frac{1}{67\,179\,090 \times 13.5} \approx \frac{1}{2\,411\,438}$$

Этого достаточно для предполагаемого применения.

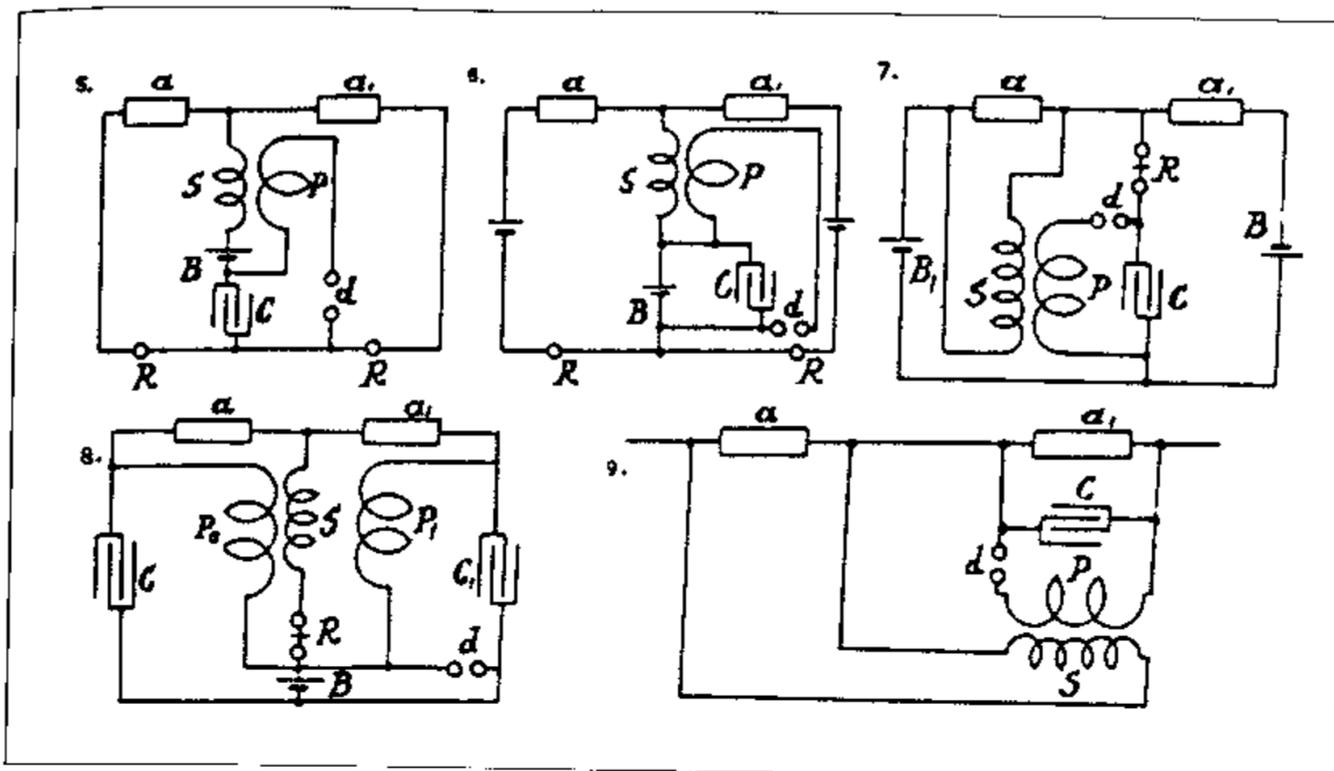
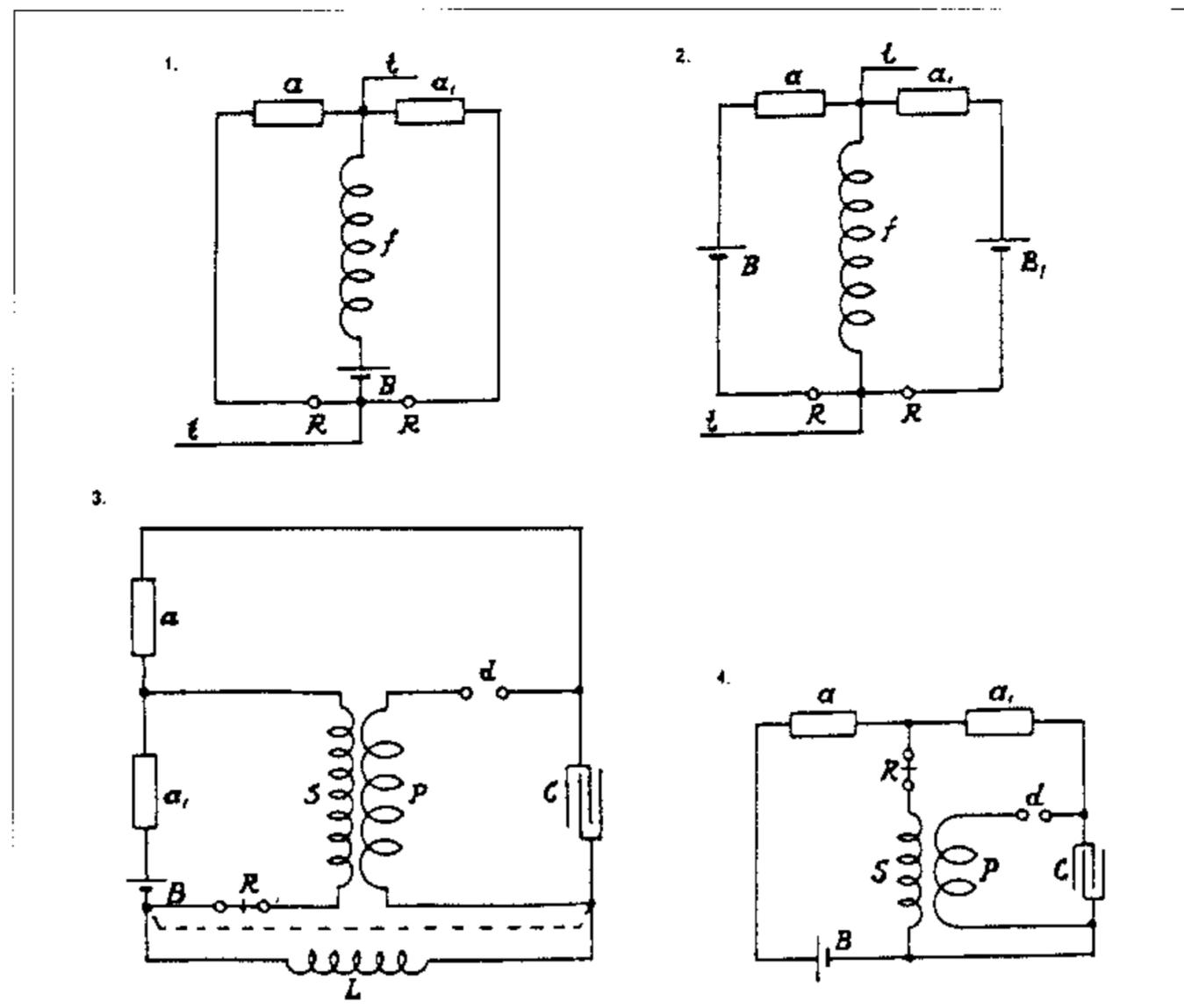
Для проверки коэффициента на шкале к гальванометру было подключено параллельно 1000 ом. Это дало отклонение стрелки на 98°. В обоих случаях расчет токов дал результат 10716.7/100961.9. Он выявил необходимость увеличения диапазона отсчета путем удлинения шкалы. При небольших отклонениях стрелки гальванометра коэффициент абсолютно точен.

Колорадо-Спрингс

21 июля, 1899

Варианты компоновок с двумя чувствительными элементами с целью увеличения эффективности приёмников в телеграфии, а также для наведения токов

Два чувствительных устройства, расположенных, как указано, и сконструированных таким образом, что они прерывают или лучше реагируют на импульсы одного направления, чем на таковые другого направления, позволяют осуществлять коммутирование переменных токов. С этой целью можно применить описанный ранее прибор, состоящий из стеклянной трубки и двух металлических заглушек, при этом стеклянная трубка примерно наполовину объема заполнена никелевой крошкой или наполнителем из другого металла. Чертеж 1 предполагает, что устройства aa_1 выполняют эту функцию, в частности с помощью батареи в каждом контуре, как показано на чертеже 2. В обеих схемах, 1 и 2, присутствуют реле RR , у которых одна из ножек



находится в первичной цепи, а другая ножка, или катушка, во вторичной цепи. Таким способом можно придать импульсам, поступающим издалека, как в телеграфии, кумулятивное свойство. Импульсы переменной составляющей вводятся через контакты tt .

Чертеж 3 иллюстрирует один из способов подключения устройств, успешно применяемый в экспериментах. Используется способ возбуждения и усиления с помощью колебательного трансформатора, а реле и вторичный контур соединены способом, показанным сплошной линией, или его вариантом, обозначенным пунктиром.

Буквенные обозначения имеют те же значения, что и в предыдущих примерах. В схеме 4 показаны аналогичные соединения, просто катушка индуктивности L исключается, а вторичный контур S настраивается соответствующим образом.

Схемы 5–8 демонстрируют еще ряд вариантов размещения. Схема 5 – конденсатор подключен по мостовой схеме, а плечи приемника размещены по одной в каждом из двух контуров. В схеме 6 конденсатор помещается вблизи батареи, характеристики которой могут варьироваться с помощью сопротивления (здесь не показанного), так что вторичный контур S создает напряженность устройств aa_1 до заданной степени. Схема 7 представляет аналогичную компоновку со вторичным контуром, подключенным параллельно к одному из чувствительных устройств, а в схеме 8 – два чувствительных устройства, одно в первичном, а другое во вторичном контуре, в каждое из которых входит конденсатор и свой собственный первичный контур.

В схеме 9 показано размещение, повторяемое во многих вариантах, которое может работать весьма успешно.

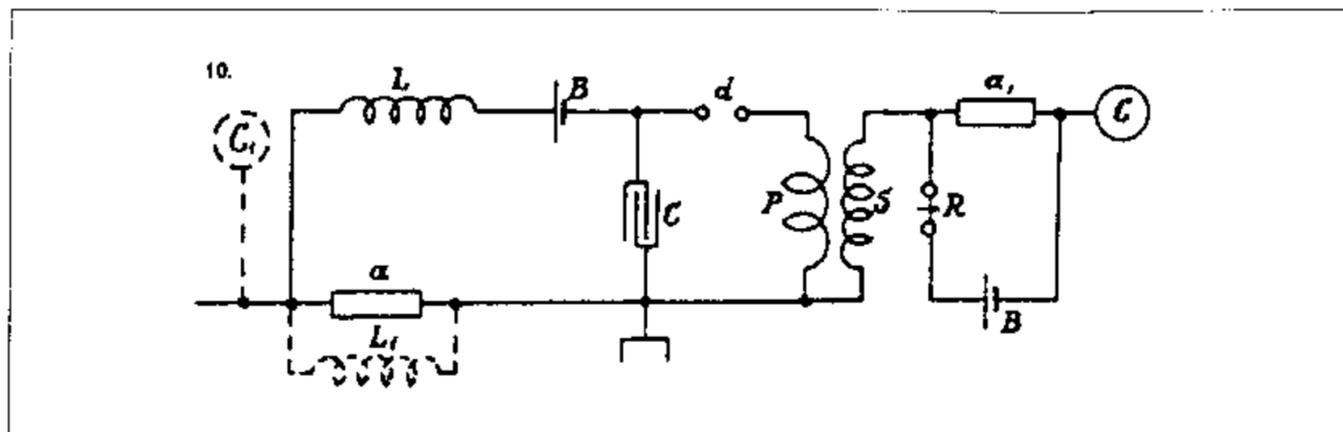
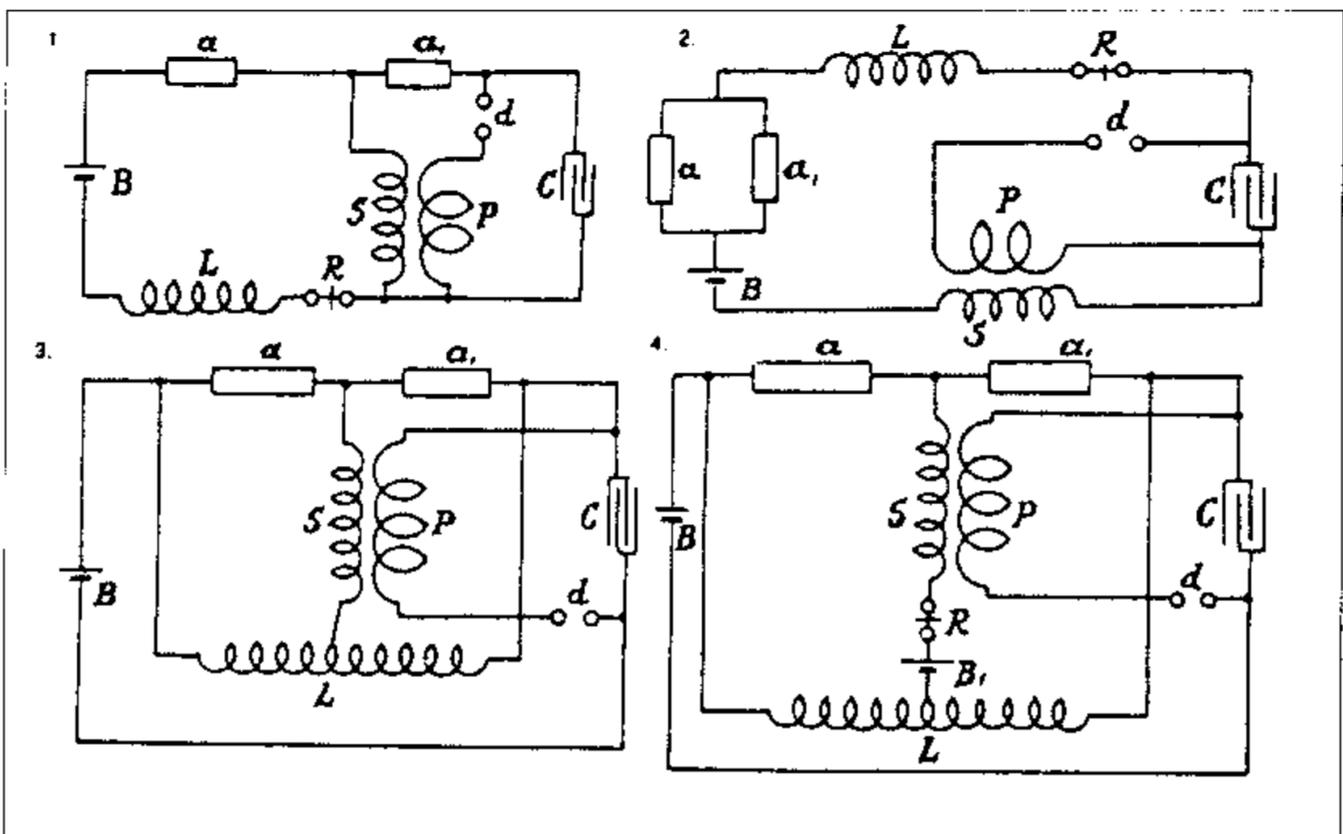


Схема 10 демонстрирует способ подключения, работающий исключительно успешно. Он удобен для применения при подключении генераторов с единичным выводом. Емкость, или надземный вывод, может находиться в точке C или C₁. Оба варианта дают хороший результат.

Колорадо-Спрингс

22 июля, 1899

Дополнительные способы подключения установки с двумя чувствительными устройствами для телеграфии и подобных применений



Варианты подключения, представленные на чертеже, дали вполне удовлетворительные результаты. Высокая чувствительность была, вероятно, обусловлена тем обстоятельством, что вторичный контур не был замкнут, как в предыдущем примере. Не менее двух устройств прошли многократную экспериментальную апробацию.

Идея состояла в том, чтобы значительно улучшить регулярность и снизить сопротивление контура с чувствительным элементом. Некоторые компоненты работали хорошо, примером может служить размещение, представленное в схеме 2. В схеме 3 оба устройства a и a_1 были зашунтированы катушкой L с высокой индуктивностью, индуктивное и омическое сопротивление которой было отрегулировано таким образом, чтобы устройства a и a_1 осуществляли прерывание при малейшем воздействии. Полученные результаты — весьма приличные, но не лучше, чем при иных размещениях. Использовались разные способы размещения реле, наилучшие результаты дало его подключение ко вторичному контуру S .

В схеме 4 применялся тот же способ подключения, только батареи и реле размещались параллельно. Применение специальной батареи B_1 позволило провести некоторые настройки, которые невозможно было осуществить в схеме 3. В общих чертах способ подключения батареи B_1 иной по сравнению с батареями B .

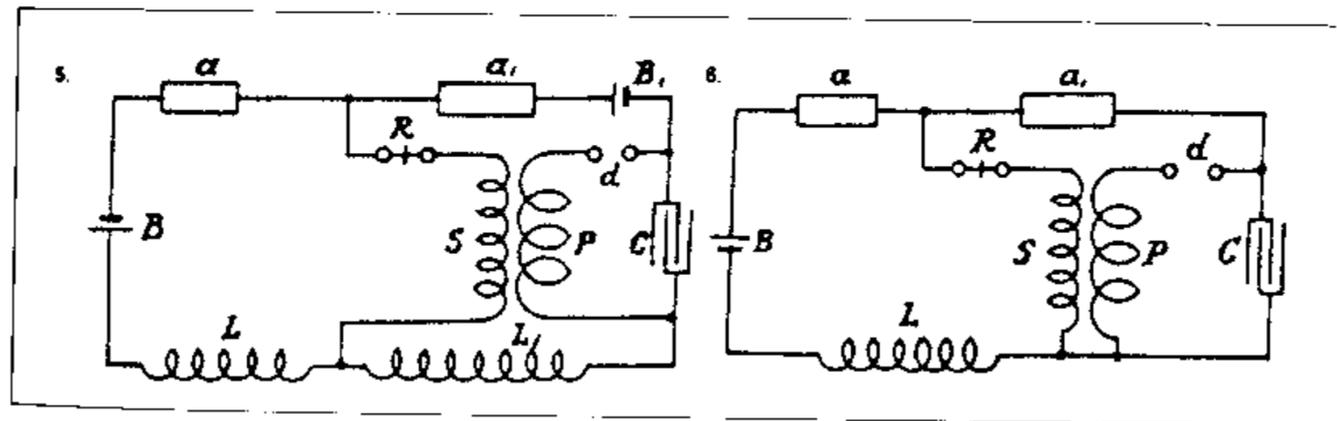
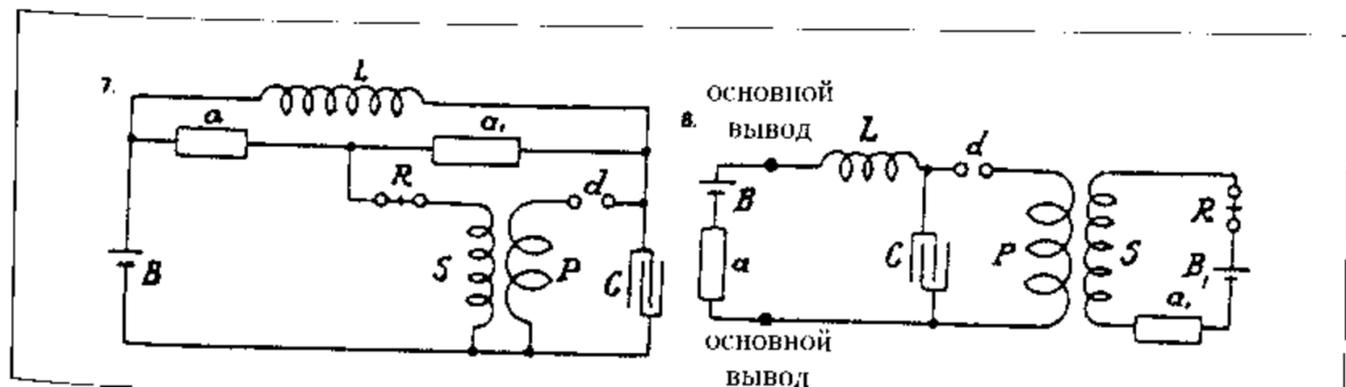


Схема 5, в свою очередь, представляет собой слегка модифицированный способ подключения, при этом используются две батареи, соединенные



последовательно, для обеспечения напряженности чувствительных элементов в устройствах aa_1 . Результаты примерно те же.

В схеме 6 соединения были те же, что и в случае, представленном в схеме 1. Только реле установлено во вторичном контуре S . Этот вариант работал отлично.

В схеме 7 соединения остались без изменений, только катушка с высокой индуктивностью была подключена вблизи устройств и регулировалась таким образом, чтобы увеличивать чувствительность элементов в устройстве.

Схема 8 демонстрирует компоновку, которую можно применять с подключением действующего сейчас генератора в качестве передатчика. Коммутационные соединения могут быть упрощены. Генератор колебаний с ртутным прерывателем и его индукционная катушка работают значительно лучше, чем прерыватели, приводимые в действие часовым механизмом и специальными малыми катушками.

Существенно.

Именно применение ртутного прерывателя делает установку эффективной, вероятно, по причине превосходной регулярности работы, которая не может быть обеспечена пружинными контактами или щетками. Кроме того, эффективность в какой-то мере объясняется малым сопротивлением первичного контура, обусловленным большим сечением меди и надежным ртутным контактом. Чрезвычайно важно, что в вышеупомянутых размещениях установки прерыватель высокочастотный, конденсатор большой и с максимально возможной изоляцией, а преобразования в катушке имеют высокую эффективность.

Колорадо-Спрингс

23 июля, 1899

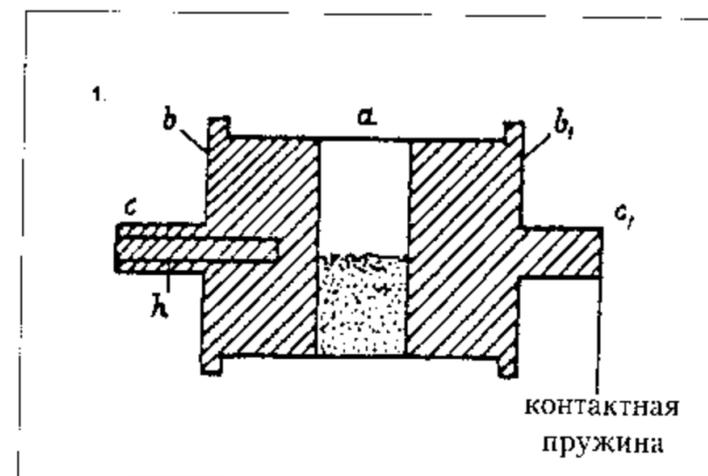
Продолжаем ежедневно по несколько часов заниматься изучением распространения электрических возмущений, производимых опытным образцом генератора колебаний, в окружающей среде и, в частности в земле, а также возмущений, вызываемых разрядом молнии, используя для этого в качестве наиболее приемлемого тип чувствительного устройства, не раз опробованного в экспериментах в Нью-Йорке. Здесь требуется описание этого устройства и способа его подготовки к работе. В одном из вариантов оно состояло из стеклянной трубки с внутренним диаметром $\frac{3}{8}$ " с двумя латунными пробками, плотно закрывающими ее с обоих концов.

Внутренние поверхности пробок отполированы до зеркального блеска, и расстояние между ними было в пределах $\frac{1}{8}$ " — $\frac{1}{2}$ ". Трубка показана на чер-

теже 1, где a — стеклянная трубка, bb_1 — металлические пробки с узкими выступами cc_1 в качестве опор и контактов соответственно. Пространство между пробками заполнено примерно на $\frac{1}{3}$ крупными никелевыми опилками, отдельные частицы которых, по возможности, одинаковые по размеру и форме, поскольку это имеет существенное значение для надежного функционирования прибора.

Пробка b имела небольшое развернутое (конусообразное) углубление h по центру, проникающее на некоторую глубину в пробку, с тем чтобы она могла быть помещена на небольшой шпindel, точно соответствующий углублению, и вращаться с помощью часового механизма с равномерной скоростью. В некоторых случаях, когда устройство работало превосходно, скорость составляла 16 оборотов в минуту. Но зачастую прибор вращался намного быстрее, и в таком случае было необходимо всего лишь увеличить эдс батареи, которая служила для доведения устройства до напряженного состояния. Превосходной особенностью такого рода приспособления является возможность регулировать по потребности его чувствительность путем изменения скорости, и в этом отношении данное приспособление предпочтительнее по сравнению с аналогичными приборами стационарного типа, которые после срабатывания восстанавливаются встряхиванием. Устройство действует точно так же, как селеновый элемент, при этом его сопротивление снижается, когда оно испытывает возмущающие воздействия, и автоматически повышается вследствие вращения и разъединения частиц опилок, когда возмущающие воздействия на последние ослабевают.

Вращение устройства заменяет в данном случае способность восстанавливаться, что свойственно селену, во всем остальном наблюдается полное сходство. Для обеспечения во всех отношениях удовлетворительного долговременного рабочего режима я изготавливаю такой тип устройства следующим образом. Применяемая стеклянная трубка, пробки и опилки предварительно тщательно промываются стопроцентно чистым спиртом и высушиваются. Затем одна из пробок, например b , вставляется в один конец стеклянной трубки, а через открытый конец насыпается требуемое количество опилок, после чего устанавливается пробка b_1 , закрывающая трубку почти герметично. Затем устройство помещается на металлический цилиндр с углублением в центре, что позволяет узкой части одной из пробок b или b_1 свободно войти внутрь, опираясь на стенки и образуя надежный контакт с верхней поверхностью металлического цилиндра, который затем медленно нагревается, например, путем



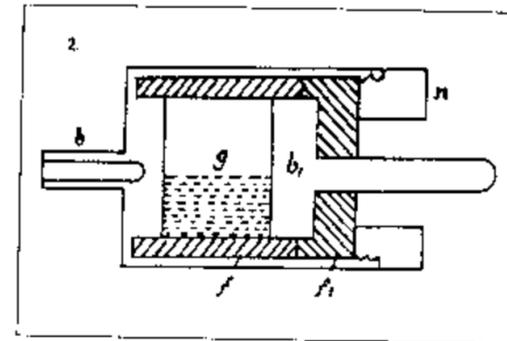
помещения на электрическую плиту или на пластину, укрепленную над спиртовкой. Когда нижняя пробка нагревается до необходимой температуры, по специально предусмотренному бортику, упирающемуся в стеклянную трубку, заливается сургуч. Затем цилиндр постепенно остывает до тех пор, пока герметик не становится достаточно твердым, после чего прибор переворачивают и помещают на цилиндр другим концом, и процедура герметизации соединения между стеклом и пробкой повторяется. В ходе этой подготовительной операции опилки, несомненно, имеют повышенную температуру, и вся влага испаряется, так что, когда прибор готов, атмосфера внутри него будет совершенно обезвоженной, что является определяюще важным для надежного функционирования. Однако давление воздуха внутри будет чуть ниже, чем давление окружающего воздуха. Когда всё устройство тщательно подготовлено, оно работает превосходно, и в сравнительных испытаниях его превосходство над приборами такого рода, обычно предлагаемыми к применению, было явным. В течение нескольких дней я проводил такие испытания, выявившие надежные свойства этого типа прибора. В одном опыте проводилось сравнение двух из них с третьим прибором в его обычном варианте, где чувствительные частицы были помещены в сравнительно разреженную атмосферу, и контакт прерывался с помощью ударника. Во всех трех приборах никелевые опилки имели одинаковый размер и одинаковую форму.

Один из выходов каждого прибора был подключен к проводу заземления, в то время как каждый из остальных выходов был соединен с отрезком провода, поднятым на небольшую высоту; эти провода были одинаковы по всем параметрам. Все три устройства поддерживались в напряженном состоянии, как обычно, посредством батарей, обеспечивая высокую чувствительность. Хотя отрезки провода были подняты над землей лишь на несколько футов, все приборы регистрировали разряды молний на расстоянии, примерно, до 30 миль, пока гроза удалялась. С этого момента устройство с ударным механизмом было еще чувствительным, но работало нерегулярно, в то же время два других устройства продолжали регулярную регистрацию до расстояния около 50 миль, когда возмущения исчезали, вероятно, по причине прекращения грозы. Эти эксперименты, приводившиеся в течение некоторого времени с целью подбора и освоения наиболее подходящего типа такого устройства, привели меня к заключению: когда частицы металла вращаются, они фактически находятся в подвешенном состоянии в воздухе, и в этом состоянии они более восприимчивы к воздействиям возмущений, чем если бы они были в неподвижном состоянии. Тем не менее создается впечатление, что при вращении частицы в меньшей степени способны слипаться, и это является причиной сбоев в работе, что наблюдается в обычном типе такого устройства. Что касается количества опилок, то если их будет больше, прибор должен вращаться с более высокой скоростью, или же батарея, возбуждающая диэлектрик, должна быть слабее. Через устройства такого типа могут проходить

значительно более сильные токи, не повреждая и не выводя его из строя. Другой тип такого прибора, особенно пригодного для экспериментирования, представлен на чертеже 2.

Он состоит из латунной пробки b с фибровой трубкой, в которую плотно вставлена вторая латунная или металлическая пробка b_1 , которая удерживалась на месте с помощью фибровой шайбы f_1 и металлической гайки n .

В других приспособлениях подобной конструкции пространство между пробками можно регулировать. Этот тип прибора особенно подходит для исследования свойств чувствительных частиц. Перед испытанием опилки, а также прибор были тщательно просушены. Чтобы иметь представление о сопротивлении у таких устройств, когда они находятся в любом из двух состояний — возбуждения или покоя, было проведено много замеров в различных режимах. Полное представление содержится в следующем заключении: в невозбужденном состоянии замеры показали 1 000 000 ом, в то же время сопротивление снижалось до 300 или даже 50 ом или падало еще ниже в состоянии возбуждения. В состоянии сильного возбуждения они реагировали на звуковые волны на значительном расстоянии.



Эксперименты с генератором колебаний с 35 витками провода № 10 марки V&S во вторичном контуре на конусообразном каркасе

Это первая проверка трансформатора Вестингауза, установленного несколько дней тому назад. Он был испытан вчера вечером, работал лишь короткое время, только чтобы получить представление, как он поведет себя. Используемая эдс не превышала 7500 вольт. Сегодня на вторичном контуре применили напряжение в 15000 вольт. Наилучшее резонирующее действие было получено с одним первичным витком и несколькими витками в регулирующей катушке. Искровые промежутки имели длину, достижимую на этом корпусе, примерно, с 7 витками спирали, вероятно, равную дюйму или около того. По предварительным оценкам, индуктивность первичного контура составляет 75000 см, или $L_p = 75 / 10^6$ Гн. Емкость первичного контура составила 88 джар в каждом из блоков, соединенных последовательно. Электрическая емкость одного джара была приблизительно равна 0.0035 микрофарады. Общая емкость $C_p = 0.154$ микрофарады. Исходя из этих данных и не принимая в расчет, как и в большинстве случаев до этого, реакцию вторичного контура, мы получаем $T = 214 / 10^7$, или $n = 46730$ в секунду.

Результаты наблюдений. Искровой промежуток находился между свободным зажимом вторичного контура и заземленным проводом, при этом на

последнем были видны сильные стримеры. Это говорит о весьма точной работе системы и наглядно доказывает, что на электрический потенциал прилегающих участков земли, по всей видимости, оказывается значительным. Возникали очень сильные искровые разряды на молниеотводах, когда через искровой промежуток пробегает разряд вторичного контура. Это, несомненно, экстраординарное явление, так как земля в этих условиях превосходным образом выполняет функцию вторичного контура. Дуга длиной около 32", проходящая горизонтально, очень мощная, плотная, сопровождается ярким светом и оглушительным звуком. Иногда дуга имеет нисходящее направление. Объясняется ли это силой притяжения или воздушными волнами, возникающими в результате сильных взрывов? Если в искровом промежутке поместить большие шары диаметром 30", длина разряда тем не менее останется небольшой. Это доказывает, что вторичный контур не может обеспечить подачу большого количества энергии, необходимой для заряда больших шаров до достижения электродвижущей силы в полной мере. Возможно, это просто следствие несовершенной индуктивной связи с первичным контуром или обусловлено небольшим количеством энергии, получаемой в этих условиях от питающих трансформаторов, которых всего лишь два, а трансформатор Вестингауза вырабатывает только $\frac{1}{4}$ расчетного напряжения. Это, должно быть, составляет примерно $\frac{1}{16}$ его возможности. В некоторых точках шаров наблюдаются небольшие стримеры; это, по-видимому, обусловлено шероховатостью или острыми выступами на этих местах.

Шары нужно будет осмотреть и отшлифовать всю их поверхность. Стримеры не смогут вспыхивать и сбегать с шаров такого размера, если только напряжение не достигнет нескольких миллионов вольт, что в настоящий момент не может иметь место. Любопытно наблюдать, как искровые разряды меняют направление и пробегают по деревянным балкам или находящимся поблизости доскам. Я склонен думать, что это объясняется просто воздействием воздушных потоков, которые не могут свободно обтекать грань доски или балки. Об интенсивности колебаний в первичном контуре свидетельствуют искровые разряды, проходящие между витками регулировочной катушки индуктивности в первичном контуре. Между началом и концом катушки, даже если задействовано всего лишь несколько витков, разряды иногда достигают 3" в длину. Это говорит об очень высокой эдс в первичном контуре, и я почти убежден, что здесь, должно быть, допущена ошибка в расчете шага, который, судя по этим искровым разрядам, должен быть намного выше. Это требует более глубокого исследования. Эксперименты весьма определенно доказывают, что лучше остановиться на одном витке в первичном контуре вместо двух, и если оптимальной является более низкая частота, предпочтительнее увеличить емкость первичного контура. При одном витке вспышки происходят с большей интенсивностью, и регулирование осуществляется с гораздо большей легкостью. В этих экспериментах лейденские банки не кажутся очень напря-

женными, что легко обнаружить. Время от времени разряды могут прорываться внутри вторичного контура между витками и устремляться к земле. Очень мощные разряды исходят из тонких проводов, присоединенных к свободному концу вторичного контура, более сильные, чем от толстых проводов. Когда катушка была присоединена к свободному концу вторичного контура, колебания не могли быть хорошо сформированными, очевидно, катушка «не в настроении», и ее емкость и индуктивность смешивались со свободными колебаниями вторичного контура. Разряды исходили из камеры установки на землю, хотя камера имела хорошую изоляцию; есть опасность возгорания сооружения от этих разрядов или от разрядов во вторичном контуре, когда они направлены в его сторону. Эксперименты были продолжены при напряжении в 7500 вольт, как и вчера, но работа оказалась неудовлетворительной. В итоге выяснилось, что вчера одна из банок была дефектной, и был задействован только один комплект, второй был закорочен, поэтому вчера эдс в 7500 вольт была достаточной. Трансформатор Вестингауза увеличивает эдс, как только восстановили банку, до предельно допустимого увеличения пока еще, вероятно, далеко, что является доводом в пользу экономичности трансформатора. Все лампы накаливания вышли из строя вследствие интенсивных колебаний во вторичном контуре, при этом нити накаливания разорвались, испытывая электростатическое притяжение к стеклу. Лампы были повреждены на расстоянии 40 футов от свободного терминала вторичного контура! Скорее всего, такой эффект создаст препятствия в будущих экспериментах. Необычно наблюдать испуг лошадей. Возможно, это происходит от звукового воздействия или из-за прохождения тока через землю, к чему лошади весьма чувствительны, или вследствие повышенной нервной возбудимости, или из-за стальных подков, образующих устойчивое заземление. Я не вполне уверен, что колебания вторичного контура являются основными, хотя для низшего и высшего тона, они слишком сильны. Наружные промежутки, применявшиеся в некоторых испытаниях, по-видимому, несколько улучшают процесс, делая разряды в первичном контуре более резкими. Если позволит время, исследования колебаний будут проводиться с применением вращающегося зеркала, которое предстоит подготовить.

Колорадо-Спрингс

24 июля, 1899

Сегодня были продолжены эксперименты с 35 витками во вторичном контуре. Была применена добавочная катушка, подсоединенная ко вторичному контуру. Ранее было описано такое же соединение с 260 витками провода № 10 на барабане диаметром 2 фута. Индуктивность катушки, как показали сделанные тогда расчеты, составляла приблизительно 13900000 см, или

139/10⁴ генри. Катушка присоединена нижним концом к свободному выходу вторичного контура, в то время как верхний конец оставался свободным в надземном положении на высоте нескольких футов. Резонанс, о чем свидетельствуют стримеры (максимальные) на свободном конце катушки, был достигнут точно так же, как было записано в предыдущем эксперименте, при 9 джарах в каждом комплекте конденсаторов первичного контура или при чуть большем количестве, во всяком случае 8–9 джар вызывали сильнейшее проявление стримеров на свободном конце. Длина стримеров составляла всего лишь три фута, так как подача электроэнергии от питающего провода была ограничена, поскольку мы в первую очередь намеревались исследовать специфику и поведение трансформаторов, перед тем как использовать их на полную мощность. Простой расчет показал, что резонансное нарастание на свободном конце было, главным образом, если не полностью, обусловлено нарастанием в самой катушке, при этом свободные колебания вторичного контура имели сравнительно небольшое значение. С целью исследования гармоник емкость в первичном контуре была удвоена, но эффект, вопреки ожиданиям, был очень мал. Тогда емкость в первичном контуре была еще раз удвоена, надеялись, что в этом режиме мощность стримеров может существенно увеличиться. Это была первая субгармоника, и она должна быть довольно сильной. Но, как ни странно, ничего существенного не отметил, несмотря на многократные тщательные регулировки. Возникло предположение, что колебания не могли образоваться сразу вследствие очень небольшого дугового разряда, но это маловероятно, хотя и случалось в ходе экспериментов, которые я проводил ранее. Дуговой разряд оказался неизбежно мал, поскольку емкость в первичном контуре очень большая. Настройка была очень острой при удвоенной емкости в первичном контуре, так что слабые колебания в регулирующей индукционной катушке вызывали значительные изменения стримеров. Я предполагаю, что при четырехкратном увеличении емкости первичного контура это усиление было бы еще более резким, так что в конце концов можно было бы не добиваться условий резонанса. Это вполне возможно, поскольку все колебания в диапазоне – без стримеров до их максимума – могли бы возникать в результате прохождения тока всего-навсего через четверть одного витка, а возможно, и меньше, регулирующей катушки. Эта отмечаемая здесь, а также в предыдущих примерах, острота настройки в некоторых компоновках, убеждает меня в полезности таких размещений в телеграфии, где огромное значение имеет выделение сообщений. Представляется возможным обеспечить таким или подобным способом почти абсолютную конфиденциальность. Эксперименты всего лишь с двумя контурами доказывают это с достаточной уверенностью. В последующих опытах один из шаров диаметром в 30" был соединен со свободным концом катушки, и тогда резонансный режим обеспечивался при емкости в 23 джар на каждой стороне первичного контура. Обобщение результатов показывает, что колебания при наличии только одной

катушки, без шара, емкостью в 9 джар на каждой стороне первичного контура составляли, примерно, если считать первичную емкость равной $9/2 \times 0.003 = 0.027/2 = 0.0135$ микрофарады.

$$T_1 = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{0.0135 \times \frac{7}{10^5}} = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{\frac{945}{10^9}} = \frac{2\pi}{10^7} \sqrt{94.5} = \frac{2\pi}{10^7} \times 9.72 = \frac{61.0416}{10^7},$$

или приблизительно $61/10^7$, а $n = 164\,000$ в секунду.

Когда был присоединен шар, емкость первичного контура составила $23/2 \times 0.003 = 0.069/2 = 0.0345$ микрофарады, а период T_2 был равен

$$\frac{2\pi}{10^3} \sqrt{0.0345 \times \frac{7}{10^5}} = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{\frac{2415}{10^9}} = \frac{2\pi}{10^7} \sqrt{241.5}$$

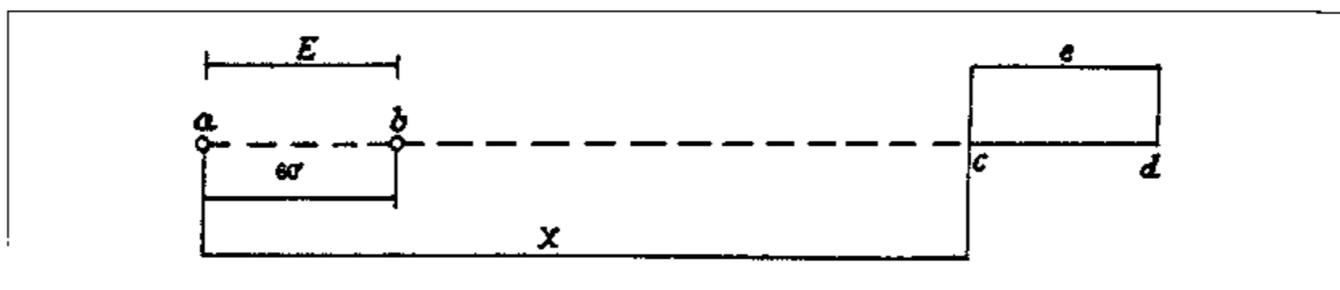
$$T_2 = \frac{2\pi}{10^7} \times \frac{2\pi \times 15.54}{10^7} = \frac{97.6}{10^7}, \text{ а } n = 102\,460 \text{ в секунду.}$$

Шар весьма значительно замедляет колебания катушки. После серии экспериментов с емкостями различной величины были получены результаты, позволяющие сделать практические оценки и вычислить числовые значения его влияния. Такому подходу в экспериментировании, как видится, присущи весьма ценные качества, и он будет применяться в дальнейшем. В этих экспериментах наблюдалось любопытное явление, состоявшее в том, что максимальный рост всегда достигался с практически полностью отключенной регулирующей катушкой. Как это можно объяснить?

Продолжение экспериментов с 35 витками во вторичном контуре

Рассматривали вероятные причины необычного явления максимального резонансного скачка (на катушке, присоединенной к выводу вторичного контура, как описывалось ранее, происходившего в тот момент, когда регулирующая катушка индуктивности была практически полностью отключена. Очевидно, когда катушка отключалась, поступало больше энергии, необходимой для возбуждения первичного витка, и, следовательно, вторичный контур получал больше энергии, что создавало большую электродвижущую силу на его терминалах. Вследствие этого, приложенная эдс на катушке, присоединенной к свободному терминалу вторичного контура, была больше, следовательно, и катушка возбуждалась сильнее. В таком случае, если допустить, что свободные колебания вторичного контура отсутствуют, то это объяснение могло бы

быть приемлемым, если бы не одно обстоятельство: максимальный подъем на катушке с 260 витками не происходил, когда все витки регулирующей катушки первичного контура отключались, но он имел место в тот момент, когда на ней оставались задействованными лишь несколько витков, соединенных последовательно с первичным контуром. И потому этот феномен требует иного объяснения. Судя по всему, свободные колебания вторичного контура действительно происходили, и имела место определенная индуктивность в первичном контуре, которая дала наивысшую эдс на возбужденной катушке на свободном зажиме вторичного контура. Но это означает, что последний был в довольно тесной индукционной связи с первичным контуром, значит, его собственные колебания изменялись в той или иной степени под влиянием первичного контура. С изменением колебаний первичного контура колебания вторичного должны также, соответственно, меняться. Таким образом, вторичный контур возбуждал катушку с 260 витками и для обеспечения уверенного мак-



симального роста напряжения на свободном зажиме катушки колебания вторичного контура должны иметь точно такой же период, как и свободные колебания катушки. Это со всей очевидностью доказывает, если первичные колебания были таковы, что могли способствовать нарастанию напряжения во вторичном контуре на свободном зажиме, то приложенная эдс на катушке с 260 витками была выше; но это явление, несомненно, судя по фактически наблюдаемым результатам, имело место в тех случаях, когда вторичные колебания в той или иной степени «диссонировали» со свободными колебаниями катушки. Итак, имело место следующее явление: с нарастанием вторичной эдс до определенного значения происходил повышенный резонансный скачок на возбужденной катушке. Но в процессе дальнейшего уменьшения числа витков регулирующей первичной катушки, когда колебания вторичного контура всё более и более видоизменялись и доходили до «диссонанса» со свободными колебаниями катушки, возбужденной от вторичного контура, резонансный скачок на терминалах возбужденной катушки уменьшался. Таким образом, при определенном небольшом числе витков регулирующей катушки, помещенной в первичный контур, взаимозависимость между этими противостоящими элементами, обуславливающая резонансный скачок, создавала условия для достижения максимально возможного значения. Я ни в коей мере не сомневаюсь в безошибочности объяснения наблюдаемого явления. Вначале я до-

пускал, что в этом определенную роль играет длина первичного контура, так как я и раньше проводил исследования с этой целью, но сейчас я должен отбросить эту точку зрения как маловероятную. Теперь, исходя из вышесказанного, становится совершенно очевидным, что в тех случаях, когда свободные колебания вторичного контура могут проявляться в полной мере, емкость и самоиндукция первичного контура должны иметь такие значения, при которых возможно достижение максимальной эдс во вторичном контуре, тогда характеристики возбуждающей катушки должны быть таковы, чтобы ее колебания соответствовали колебаниям вторичного контура, или (поскольку вторичные колебания обусловлены первичными) свободные колебания возбуждающей катушки должны быть идентичны таковым объединенной первичной и вторичной системы. Когда колебания во вторичном контуре в точности совпадают со свободными колебаниями возбуждающей катушки, на ней, в любом случае будет достигнут максимальный рост, но лучше всего настроить вторичный контур на первичный, с тем чтобы обеспечить наибольшую приложенную эдс на катушке.

В тех случаях, когда вторичный контур находится в такой тесной индуктивной связи с первичным, последнее условие не обязательно принимать во внимание, необходимо только отрегулировать катушку таким образом, чтобы она имела аналогичный период колебаний вторичному контуру. Я, действительно, считаю, что этот рабочий режим будет, в конечном счете, практически наилучшим, поскольку, если трансформатор будет работать экономично, согласованность между первичным и вторичным контурами должна быть очень точной. В этом случае высокая приложенная эдс на возбужденной катушке будет получаться только в результате трансформирования прехода, а не резонансного роста.

Сегодня с большим удовлетворением наблюдали следующее: водопроводная труба, с которой был соединен нижний конец вторичного контура и по которой ток уходил в землю, была отсоединена от вторичной цепи, при этом последнюю присоединили к отдельной пластине заземления на некотором расстоянии от всех других заземлений. Мы всё тщательно проверили, чтобы удостовериться, что вторичный контур не имеет никакого другого заземления. Как бы то ни было, когда во вторичном контуре начинался процесс разряда, по всей длине молниеотводов проходили мощные искровые разряды. Нет никакого иного приемлемого объяснения способа распространения этих искр, нежели допустить, что колебания передаются через землю и, проходя по ней, а затем по заземляющему проводу, находящемуся в другом месте, попадали в цепь! Это, несомненно, экстраординарное объяснение, поскольку оно еще раз со всей очевидностью доказывает, что земля ведет себя буквально как обыкновенный проводник и что в будущем благодаря мощным аппаратам появится возможность создания стоячих волн, которые я уже наблюдал во время проявлений атмосферного электричества. Сам вид искровых разрядов

говорит о мощности применяемого аппарата и служит явным доказательством того, что он способен, даже в этом исполнении, служить в качестве передатчика энергии на большие расстояния, если его использовать в телеграфии. Даже если предположить, что напряжение будет уменьшаться пропорционально квадрату расстояния от источника, аппарат по-прежнему проявит себя поразительным образом. Такого рода допущение выглядит оправданным, если мы примем во внимание, что плотность тока, проходящего по поверхности земли, будет уменьшаться пропорционально квадрату расстояния от центра возмущения и, следовательно, действующее напряжение, по крайней мере, должно уменьшаться соответственно. Итак, в описанных выше экспериментах расстояние между точкой *a*, где заземлялся нижний конец вторичного контура, до точки *b*, где проскакивали искровые разряды от земли до электрического провода или в обратном направлении, составляло 60 футов. Следовательно, исходя из вышеупомянутого предположения, мы можем составить соотношение $E/e = x^2/60^2$, где *x* будет выражаться в футах. По самой заниженной оценке *E* равнялась 10 000 вольт, и если допустить применение обычного прибора в качестве приемника, которому необходима $1/10\,000$ доля вольта = *e*, в точке

между *c* и *d*, мы получим $x^2 = 60^2 \times \frac{10\,000}{1} = 36 \times 10^{10}$, или 600 000 футов,

или *x* = около 114 миль. Но при весьма большом увеличении расстояния между *c* и *d* радиус передачи может быть значительно расширен.

Емкость из 35 витков вторичного контура, примененного в ранее проведенных экспериментах

Средняя длина одного витка может, предположительно, составить около 135.1 фута = 4120 см. Провод № 10 В&S диаметром = 0.102" = 0.26 см. Поверхность провода в кв. см = $\pi \times 0.26 \times 4120 \times 35 = \pi \times 37\,500$ см приблизительно. Емкость сравнивалась с емкостью стандартного конденсатора в $1/2$ микрофарады и оказалась равной $C = 3600$ см. Думаю, что это значение верно с точностью до $1/2\%$.

Примечание. Измерение было проведено путем присоединения кабеля одним концом или обоими концами к источнику, другой выход которого был заземлен. Результат тот же.

А теперь интересно сравнить показатель, полученный путем измерений, с тем, что показал кабель в распрямленном виде. Его емкость может, в таком

случае, составлять $C_1 = \frac{l}{2 \log_e \frac{l}{r}}$, если рассматривать его как цилиндр, уда-

ленный от земли. Используя вышеуказанные значения, получаем:

$$C_1 = \frac{4\,120 \times 35}{2 \log_e \frac{4\,120}{0.13}} = \frac{4\,120 \times 35}{2 \log_e 31\,700} = \frac{2\,060 \times 35}{\log_e 31\,700} = \frac{2\,060 \times 35}{4.50106 \times 2.3} = \frac{2\,060 \times 35}{10.35244} = 6\,965 \text{ см.}$$

Если мы рассмотрим кабель с его емкостью относительно земли, или проводящего слоя, его емкость может составить $C_2 = \frac{l}{2 \log_e \frac{2d}{r}}$. Так как вычислили измеренную величину, можем отсюда найти расстояние *d*; мы имеем

$$3\,600 = \frac{4\,120 \times 35}{2 \log_e \frac{2d}{r}}, \text{ отсюда } \log_e \frac{2d}{r} = \frac{4\,120 \times 35}{2 \times 3\,600} = 20.3, \text{ а это дает}$$

$$\log_e \frac{2d}{r} = \frac{20.3}{2.3} = 8.82607, \text{ следовательно } 2d/r = 67\,000\,000 \text{ см.}$$

$$d = \frac{67\,000\,000}{2} \times \frac{13}{100} = \frac{67\,000 \times 13}{2} = 670\,000 \times 6.5 = 4\,455\,000 \text{ метров!}$$

Этот результат демонстрирует лишь то, что кабель имеет гораздо большую величину емкости, когда он распрямлен и находится на некотором расстоянии от земли.

Будет, по-видимому, еще интереснее сравнить вычисленную емкость с емкостями, которые могли бы быть получены, если поверхность кабеля представить в виде поверхности диска или, к примеру, сферы. Рассмотрим сначала второе и обозначим радиус сферы через *r'*, и тогда мы получим $4\pi r'^2 = \pi 37\,500$, и,

$$r'^2 = \frac{37\,500}{4}, \quad r' = \frac{\sqrt{37\,500}}{2} = \frac{193.65}{2} = 96.825 \text{ см,}$$

и это должна быть теоретическая емкость C_1 сферы. А теперь рассмотрим вариант с диском радиусом *R*, его емкость C_2 может быть выражена $C_2 = 2R/\pi$. Теперь, исходя из вышеупомянутого предположения о равенстве поверхности, мы бы получили $4\pi R^2 = \pi 37\,500$, $R^2 = 18\,750$ и $R = \sqrt{18\,750} = 136.93 \text{ см.}$

Следовательно $C_2 = \frac{273.86}{\pi} = 87.2$ см. Это еще меньше, чем емкость сферы с

той же поверхностью. Предположим теперь, что поверхность кабеля превратилась в небольшие сферические поверхности с диаметром, равным диаметру кабеля, и зададимся вопросом, какова будет полученная таким способом емкость, если известна поверхность. Пусть поверхность одной сферы будет равна $4\pi r^2$, а их количество будет n , тогда мы имеем $4\pi nr^2 = \pi \times 37\,500$ и

$$n = \frac{37\,500}{4r^2} = \frac{37\,500}{4 \times 0.13^2} = \frac{37\,500}{4 \times 0.0169} = \frac{37\,500}{0.0676} = 554\,734 = n.$$

Совокупная емкость C_3 всех этих малых сфер, без учета взаимного экранирующего действия, будет равна емкости одной сферы, умноженной на n и, поскольку она $= 0.13$, мы получим совокупную емкость $C_3 = 554\,734 \times 0.13 = 72\,115$ см! Право, весьма большое значение, которое могло бы быть еще больше, если бы диаметр сфер был меньше. Эти простые соображения доказывают, что для получения максимально возможной емкости при заданной поверхности мы должны использовать последнюю в форме ультрамалых поверхностей с возможно наименьшей кривизной. Отсюда становится понятным, почему вакуумные лампы при определенных условиях демонстрируют такую сравнительно большую емкость. А это объясняет преимущество ламп, применяемых в телеграфии, вместо большой надземной пластины или провода, поднятого на большую высоту. Такая лампа или трубка, особенно если она заполнена водородом, работает (в чем я убедился) очень эффективно, и я предвижу чрезвычайно полезное использование в будущем таких вакуумных баллонов в области телеграфной связи через атмосферу или иную подобную среду. Самая большая емкость при заданной поверхности будет, безусловно, получаться со сферами, возможно, самого маленького диаметра, таких, как сфера водорода. Почти идеальной формой для поверхности мог бы стать цилиндр большой длины и сверхмалого диаметра. Эти размышления подводят к пониманию того, почему тонкие провода обладают достаточно большой емкостью. Рассматривая два таких провода одинаковой длины L с диаметрами δ и δ_1 , мы можем рассчитать их емкости как

$$\frac{L}{2 \log_e \frac{2L}{\delta}} : \frac{L}{2 \log_e \frac{2L}{\delta_1}}, \text{ или как } \log_e \frac{2L}{\delta_1} : \log_e \frac{2L}{\delta}.$$

Предположим, в качестве примера, что $2L/\delta$ может равняться 10, а $2L/\delta_1 = 1000$, тогда вышеупомянутые емкости соотносились бы как

$$\frac{1}{2.3 \times 3} : \frac{1}{2.3 \times 1}, \text{ или как } 1/3 : 1.$$

Иными словами, при увеличении диаметра одного провода, но сохранении одинаковой длины проводов, емкость толстого провода или цилиндра превысила бы емкость тонкого провода только в три раза.

Колорадо-Спрингс

25 июля, 1899

Продолжение экспериментов со вторичным контуром из 35 витков

Вторичный контур настроен отдельно и более тщательно, результатом чего было достижение максимального увеличения напряжения с одним первичным витком из двух кабелей, соединенных многократно, при 78 джар на каждом выводе первичной обмотки. Для достижения оптимального рабочего режима было подключено несколько витков регулирующей катушки последовательно с кабелями первичного контура, при этом общая индуктивность в первичном контуре приблизительно составляла $L_p = 85\,000$ см, или $85/10^6$ генри.

Электрическая емкость в первичном контуре составляла: 16 старых джар $= 0.00334 \times 16 = 0.05344$; 62 новых джар, на 10% больше $= 0.0036 \times 62 = 0.2232$.

В сумме $0.2766/2 = 0.1383$ микрофарады.

Отсюда можно вычислить период системы

$$T_p = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{0.1383 \times \frac{85}{10^6}} = \frac{21.54}{10^6}, \text{ при этом } n = 46\,425 \text{ в секунду.}$$

Интересно выяснить, какое значение индуктивности вторичного контура получится, если в уравнение подставить значение для $T_s = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{L_s C_s}$, где величина C_s определяется путем замера, как указывалось выше. Поскольку T_s должно быть $= T_p$, мы имеем:

$$T_p = \frac{21.54}{10^6} = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{L_s \times \frac{3\,600}{9 \times 10^5}} \quad C_s = 3\,600 \text{ см,}$$

$$\text{или } \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{0.1383 \times \frac{85}{10^6}} = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{L_s \times \frac{3\,600}{9 \times 10^5}}, \text{ а отсюда}$$

$$L_s = \frac{9 \times 10^5}{3\,600} \times 0.1383 \times \frac{85}{10^6} = \frac{0.1383 \times 765}{36\,000} = \frac{0.1383 \times 85}{4\,000} \text{ генри, или}$$

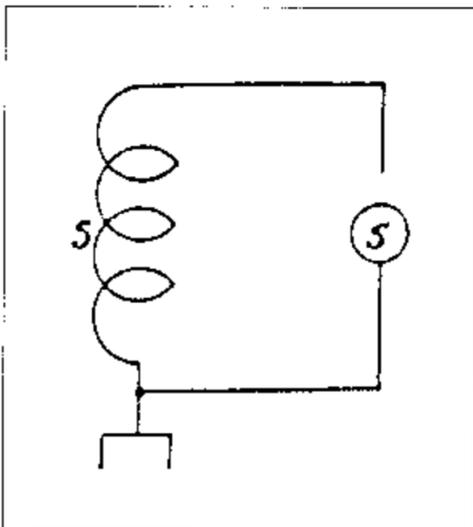
$$L_s = \frac{10^9 \times 0.1383 \times 85}{4 \times 10^3} = \frac{138\,300 \times 85}{4} = 2\,939\,000 \text{ см всего-то!}$$

Несмотря на то, что эти вычисления в общем то приблизительны, они тем не менее доказывают, что емкость, замеренная в состоянии покоя, отличается от той, которая является частью действующей колебательной системы.

Этот вывод привел нас к предположению, что вторичный контур, возможно, среагировал на первую октаву, и мы соединили последовательно два кабеля первичного контура, но результат оказался хуже ожидаемого.

Возможно, когда кабели первичного контура были соединены последовательно, из-за недостаточно удовлетворительной работы искрового промежутка эдс во вторичном контуре была меньше, чем должна бы быть, если бы и первичный и вторичный контуры совершали колебания в одном темпе. Кроме того, следует учитывать, что когда кабели были соединены последовательно и количество колебаний в секунду в первичном контуре снижалось в два раза, наведенная эдс в витках вторичного контура могла составлять лишь около половины того, что было в первом эксперименте. Если в последнем эксперименте с последовательно включенными витками появлялся действительный тон, то, допуская, что емкость равна 3600 см или около того, индуктивность вторичного контура под воздействием первичного могла бы составить всего лишь $4 \times 2\,939\,000 = 11\,765\,000$ см. Поэтому вполне вероятно, что та емкость, которая участвует в образовании колебаний вторичного контура, является гораздо меньшей, чем та, что получена путем замеров, что и можно было ожидать, поскольку кабель не может полностью заряжаться и разряжаться при каждом колебании, как явствует из постоянных величин.

Наблюдения в ходе сегодняшних экспериментов



Когда вторичный контур работал хорошо, искровой разряд сопровождался большим шумом и, судя по его виду, был почти в дюйм толщиной и 3 фута длиной. Искровые разряды всё время проходили по молниеотводу, когда происходил разряд во вторичном контуре, а иногда, в течение короткого времени, они были особенно яркими и толстыми. Это происходило главным образом, тогда, когда от вторичной дуги начинал исходить громкий рокот, что указывало на лучшую работу дуги и более высокую эдс для данной длины пути прохождения через

землю. Искры на дуге разрядника, как теперь бесспорно доказано, обусловлены распространением до земли колебаний по проводу заземления, и теперь ясно, что, несмотря на то что искры проявляются при медленных колебаниях, они образуются гораздо легче при более быстрых. Возможно, в их образование значительный вклад вносят высокие гармоники. Дугу вторичного контура отрегулировали до длины 31", после этого искровые разряды на разрядниках стали очень интенсивными. Решили, что если колебания проходят по проводу заземления и вызывают, таким образом, появление искр на разрядниках, то при увеличении емкости провода заземления активность на разрядниках будет, по-видимому, возрастать. Поэтому к проводу присоединили сферу S диаметром 12", как показано на схеме, и активность на разрядниках, действительно, усилилась. Затем уменьшили промежуток всего лишь на несколько дюймов, проявления на разрядниках, казалось, продолжали усиливаться. Когда попробовали продержать разряд на вторичном контуре в течение, примерно, 5 минут, плавкий предохранитель в цепи питания первичного контура не выдержал, а это говорит о том, что мощность поступающей энергии была около 20 л.с. Это также указывает на то, что связь между первичной и вторичной обмотками генератора была весьма сильной, и что вторичная обмотка способна принять значительную энергию. Когда два внешних искровых промежутка использовались последовательно, при наличии промежутков в корпусе, от источника питания отбиралось меньше энергии, значит, дуга в первичном контуре в некоторой степени замыкала накоротко вторичный контур.

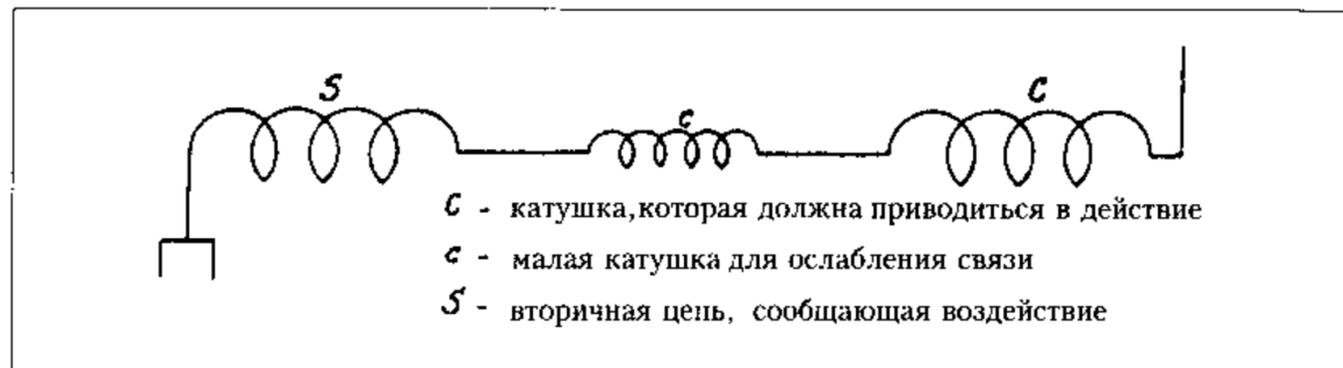
Колорадо-Спрингс

26 июля, 1899

Исследование колебаний добавочной, или экстра-катушки

Как я уже, помнится, отмечал, результаты проведенных ранее опытов говорят о том, что когда возрастает приложенная электродвижущая сила, иными словами, когда воздействие на вторичный контур было увеличено, свободные колебания добавочной катушки не проявляли себя сколько-нибудь существенно. По крайней мере, это отмечалось в ряде экспериментов, проводившихся с целью их выявления. Полную аналогию явления позволяет увидеть механика. Для того чтобы такие свободные колебания могли заметно проявиться, соединение с тем участком цепи, который инициирует перемещение, должно быть неплотным. Это — очевидная истина. Размышления в этом направлении привели к серии экспериментов с устройством, представленным на нижеследующей схеме.

В этой схеме связь со вторичной цепью S , сообщающей воздействие, была, скажем так, ослаблена, потому что между ней и катушкой C , которая

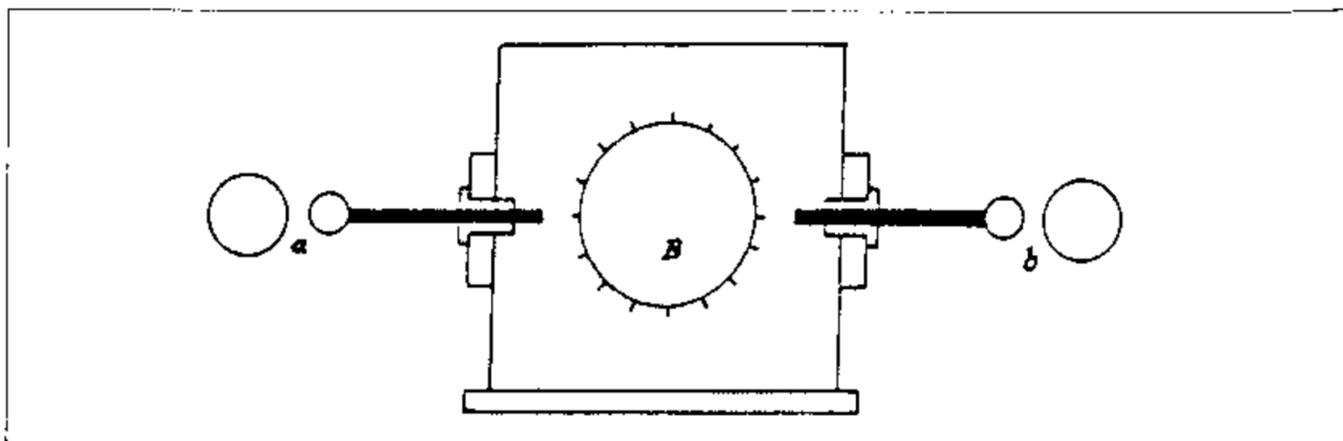


должна возбуждаться, поместили другую катушку *c*, настроенную в полной мере для работы в данном режиме. Следствием этого стало увеличение реакции катушки *C*, о чем говорилось выше, и придало ей доминирующее свойство и способность легко его сохранять. Результаты этих опытов приводят к давно признанному правилу, гласящему, что разработка генератора колебаний должна идти в двух направлениях: или стремиться к достижению высокой приложенной электродвижущей силы с помощью соответствующего коэффициента трансформации, при условии, что между вторичной и первичной цепями имеется жесткая связь, или добиваться высокой эдс с помощью возбуждения добавочной катушки при ослабленной связи, которая не может взаимодействовать индуктивно.

Колорадо-Спрингс

27 июля, 1899

Сегодня проводились эксперименты с искровыми промежутками, размещенными, как показано на чертеже ниже. Идея этой схемы состояла в том, чтобы сделать промежутки внутри камеры, длина которых варьировалась от очень малой величины до большой путем вращения изменяющего длину промежутка маховика *B*, очень маленькими, а промежутки *a* и *b* очень большими, настолько большими, чтобы разряд мог пробиться только при минимальной длине промежутков в камере. Таким образом, потери как таковые в камере в



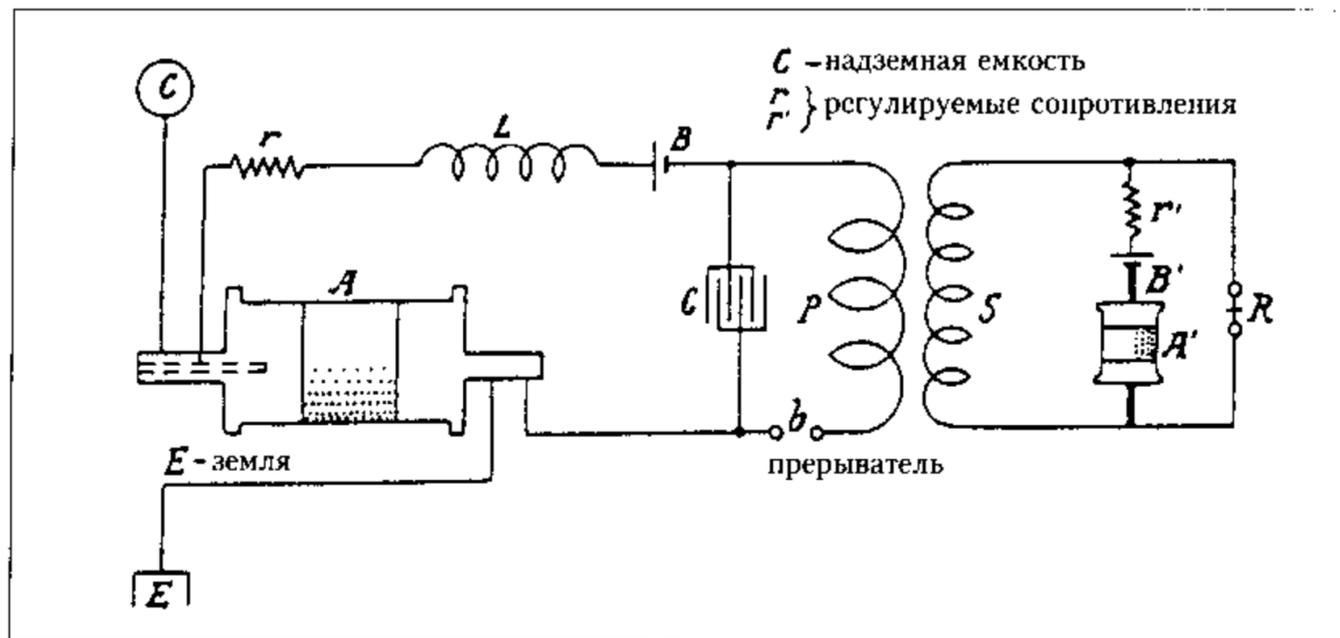
немалой степени снижались, а благодаря большой скорости разъединения электродов достигалась большая внезапность пробоя. Это очевидно, поскольку промежутки в камере могли замыкать разрыв лишь на короткое время, так как эдс приходилась на промежутки *a* и *b*. Таким образом, скорость разъединения была тем больше, чем короче получались дуги в камере. Регулировка их длин осуществлялась простым изменением длины промежутков *a* и *b*. В этих экспериментах применялись сферы различных размеров для создания дополнительных промежутков *a* и *b*, и в результате оказалось, что, хотя индукционная катушка могла давать большой ток, сферы значительного размера оказывались не лучшими для применения в аппарате с обычной компоновкой. Причина в том, что дуга формировалась с трудом, следовательно, ее надо было делать короче, но когда происходил пробой, сопротивление небольшой дуги было очень низким, и вторичная обмотка индукционной катушки была слишком сильно зашунтирована. Это не всегда целесообразно. При использовании дополнительных промежутков первичный контур замыкался на более короткое время, вторичный контур также зашунтирован, но в меньшей степени. Последнее давало выигрыш, а первое, определенно, являлось недостатком, потому что первичный ток не мог колебаться в течение долгого времени. Энергия, поступающая от питающего трансформатора, или катушки, конечно же, невелика. Все результаты, полученные в этих экспериментах, по всей видимости, указывают, вопреки прежним суждениям, на то, что большей экономичности можно добиться с одним промежутком, чем с большим количеством промежутков. Впрочем, это явление наблюдалось ранее в опытах с нью-йоркским аппаратом. В итоге сошлись на двух последовательных промежутках, как наиболее приемлемых и дающих большую скорость размыкания. Однако наиболее оптимальные результаты были получены с двумя электродами в форме зубчатых дисков, вращающихся в противоположных направлениях.

Такая модель аппарата доставляла больше хлопот в управлении, но работала, определенно лучше. Она дала возможность применить одно усовершенствование, которое я впоследствии стал использовать в специальных ртутных прерывателях, и для этого надо было сделать такое число зубцов на каждом диске, чтобы общее количество переключений равнялось произведению обоих чисел. В этой модели небольшое число зубцов оказалось достаточным для получения большого количества прерываний, и дуга не могла переходить от одного зубца к смежному.

Колорадо-Спрингс

28 июля, 1899

Предлагаемая схема расположения оказалась особенно эффективной, когда мы применили метод усиления слабых возмущений с помощью конденсатора.



Два прибора были установлены так, как показано на схеме. Подобный способ подключения уже применялся, только чувствительное устройство A' было размещено в другом месте. Чувствительные устройства A и A' изготовлены так, как описывалось в прошлый раз, и их сопротивление в невозбужденном состоянии, как оказалось, превысило 1 000 000 ом, однако в состоянии возбуждения сопротивление в обоих устройствах падало едва ли не до пятидесяти ом. Затем вместо устройства A' применили другое, с более высоким сопротивлением в состоянии возбуждения, а катушка PS была заменена катушкой с большим количеством витков во вторичной обмотке. В конце концов решили, что вторичная обмотка должна иметь 160 витков в каждом слое и 32 слоя с 5120 витками в совокупности. Реле R имело сопротивление 998 ом, провод № 36. Первичная обмотка P имела 50 витков двухжильного кабеля № 20. Катушка индуктивности L имела 1900 витков провода № 20. Все катушки были намотаны на каркас диаметром 4" и длиной 4" с деревянным стержнем $1\frac{1}{4}$ " в середине. Конденсатор C и батарея B $\frac{1}{2}$ микрофарады: 8 элементов 11.1 вольта, батарея B' : 4 элемента примерно 5.7 вольта. Скорость вращения трубок A и A' составляла около 24 оборотов в минуту. Прерыватель b совершал 72 размыкания в секунду. Зубчатое колесо прерывателя и шпиндели трубок A и A' приводились в движение с помощью часового механизма. Зубчатое колесо имеет 180 зубцов, и оно соприкасается с небольшой, очень тонкой платиновой щеткой. Устройства незамедлительно начинали функционировать, когда четыре человека, соединив руки, зашунтировали устройство A' . В одном случае приборы отметили воздействие разрядов молнии на расстоянии целых 500 миль, судя по периодическому проявлению разрядов по мере удаления грозы.

Как уже ранее отмечалось, для того чтобы преобладали свободные колебания возбужденной катушки, необходимо добиться, чтобы энергия катушки была очень большой относительно приложенных колебаний. С целью улучшения условий, благоприятствующих свободным колебаниям, на барабан диаметром два фута и длиной 6 футов была намотана новая катушка. Вместо прежних 260 эта катушка имела около 500 витков провода № 20. Следовательно, ее индуктивность была в 4 раза больше, чем у старой катушки, т.е. составляла около 40 миллионов сантиметров. Катушка присоединена к свободному концу вторичного контура, и резонанс отмечался при 32 джарах на каждой стороне, при этом на каждой стороне находились два последовательно соединенных резервуара, так что совокупная емкость составляла только 4 джара в первичном контуре. Принимая емкость одного джара за 0.00334 микрофарады, получаем совокупную емкость первичного контура как $4 \times 0.00334 = 0.01336$ микрофарады. Первичные витки соединены последовательно, так что первичная индуктивность составляла

$$L_p = \frac{4 \times 7 \times 10^4}{10^9} = \frac{28}{10^5} \text{ генри.}$$

Отсюда можно получить приблизительный период системы:

$$T_p = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{0.01336 \times \frac{28}{10^5}} = \frac{2\pi}{10^5} \sqrt{0.037408} = \frac{2\pi}{10^5} \times 0.1934 = \frac{1.215}{10^5},$$

или $n = 82\,300$ приблизительно.

Сначала трансформатор Вестингауза был включен для получения 15000 вольт на выходе, но затем он был настроен на 22500 вольт. Емкость в первичном контуре, очевидно, слишком мала для лучшей работы трансформатора, а дуга в значительной степени шунтировала вторичный контур, следствием чего был отток очень большого количества энергии из питающей цепи. Это всегда имеет место, когда первичная дуга плохо работает. Чтобы обеспечить оптимальный рабочий режим, трансформатор должен, в первую очередь, быть способным зарядить конденсаторы, а скорость поступления энергии последних в первичную обмотку генератора колебаний должна хотя бы незначительно превышать скорость подачи энергии от питающего трансформатора. Тогда дуга будет резкой и сопровождаться шумом, и на вторичной обмотке последнего из названных трансформаторов короткое замыкание не происходит, так как токи, проходящие через искровой промежуток, имеют очень большую частоту, а низкочастотный питающий ток, или постоянный ток, невозможен. При этих условиях система функционирует экономно, и экономия значительная, чем можно было предполагать, исходя из неизбежных потерь в дуге. Так как емкость слишком мала, светящаяся дуга зачастую формировалась в камере, а это верный признак плохой работы, при этом отмечалась любопытная

особенность: дуга была ярко выраженного красного цвета. Это, возможно, обусловлено образованием окиси алюминия, так как диск прерывателя изготовлен из алюминия. Как и ожидалось, применение двух дополнительных промежутков улучшило работу аппарата, стало меньше перебоев в работе из-за коротких замыканий в трансформаторе Вестингауза. Было отмечено, когда промежутки очень большие, дуга не пробивала их, а лампа на питающей линии вблизи конденсаторов — примерно в 6 футах от них — загоралась. Я не вполне уверен, что это происходило в результате нарастающего резонанса в трансформаторе Вестингауза, потому что причиной могло быть просто электростатическое действие со стороны корпусов, поскольку я уже наблюдал подобный эффект ранее. Когда электростатическое воздействие сильно, газ в колбе лампы возбуждается, при этом через нее проходит разряд, хотя, конечно, его невозможно увидеть по причине яркого свечения нити накаливания. Частицы отбрасываются и ударяются об угольный электрод, и он, с одной стороны, нагревается до высокой температуры, а с другой — из-за более нагретой окружающей среды, — не может отдавать тепло с такой же скоростью, как при обычных условиях, следовательно, начинает светиться. Возможно также, что небольшая часть питающего тока проходит через возбужденный газ, и из сети забирается несколько больше энергии. Было очевидно, что, как мы и предполагали, свободные колебания катушки возникали быстрее, чем раньше, когда использовалась катушка с 260 витками, и это происходило благодаря более сильному импульсу, о чем я уже говорил выше. Стримеры были больше, чем со старой катушкой, но всё же не такие большие, какие предполагали увидеть. Отчасти по этой причине, а также отчасти из-за трансформатора Вестингауза, который не мог давать достаточно энергии в первичный контур из-за его малой емкости, мы решили изменить схему подключения, чтобы в первичном контуре получить на один тон ниже, что, по всей вероятности, является собственным тоном катушки. Емкость в первичном контуре была доведена до 32 джар на каждой стороне параллельно, что составило суммарную емкость, равную $16 \times 0.00334 = 0.05284$ микрофарады.

Первичные колебания были теперь на октаву ниже, чем до этого, но результаты оказались хуже по сравнению с полученными ранее. Таким образом, остается лишь одно возможное объяснение, и оно состоит в том, что в первом эксперименте тон был, несмотря ни на что, истинный, но результаты оказались не вполне удовлетворительными, потому что емкость первичной цепи слишком маленькая, что неблагоприятным образом сказалось на работе трансформатора Вестингауза. Соответственно, такие же колебания были опять получены в первичном контуре, но на этот раз путем использования в четыре раза большей емкости и уменьшения индуктивности на одну четверть, что достигалось путем параллельного соединения двух первичных контуров (витков). Теперь результаты, безусловно, удовлетворительные, так как трансформатор Вестингауза мог давать гораздо больше энергии, фактически,

в четыре раза больше, чем раньше. Стримеры теперь намного сильнее, имели протяженность до $6 \frac{1}{2}$ фута от верхнего конца катушки, и они были обильными и толстыми. Не могу понять, почему они насыщенного красного цвета. Те, что наблюдали в Нью-Йорке, никогда такими не были. Возможно, это обусловлено более низким атмосферным давлением в этой местности. Их движение и броски происходят значительно быстрее и более похожи на взрывы. Время от времени образуется большой пучок и разлетается беспорядочно во всех направлениях. Иногда создавалось впечатление, что над катушкой формировался шар, но это мог быть оптический эффект, вызванный множеством стримеров, исходящих из различных точек в разных направлениях. Много раз искровые разряды исходили из вершины катушки и направлялись к точке, где нижний конец катушки соединяется со вторичным «свободным» зажимом. Эти искровые разряды имели 8'–9' длины.

Проект применения конденсаторов нового типа: старые оказались не способными выдержать напряжение, превышающее 15000 вольт на двух диэлектриках, видимо, придется прибегнуть к четырем комплектам при работе с более высоким напряжением, а это обязательно сделает корпуса конденсаторов слишком громоздкими. Поэтому теперь предложено использовать современные баллоны из свинцового стекла с минеральной водой Вифезда [источник и купальня в Иерусалиме]. Они, как можно удостовериться, в два или даже больше раз, толще, чем прежние баллоны. С учетом этого обстоятельства сегодня провели сравнительный анализ емкостей. Новые баллоны были заполнены на 10" от дна и помещены в оловянный бак. Старые баллоны были заполнены на 9" от дна и также помещены в бак. Приготовили раствор каменной соли максимальной высокой концентрации и тщательно проследили, чтобы уровень жидкости был одинаков внутри и снаружи. Получили следующие показатели.

Новый баллон:				Старый баллон:						
Вольт	Отклонение	В среднем		Вольт	Отклонение	В среднем				
180	6.5	} Откл.	Вольт	180	чуть меньше 9	} Откл.	Вольт			
181	6.5+чуть сверху			6.5	181			значительно меньше 9	9	182
179	6.5			180	чуть меньше 9					

Тогда:

Вес старого баллона

согласно замерам = 17/12.

Вес нового баллона

Исходя из этого результата, мы сначала рассчитали толщину стенок. Условия не позволяют провести надежную проверку, несколько баллонов были разбиты, а усредненные результаты показали, что новые баллоны в два раза толще старых.

Емкость нового баллона согласно проведенным ранее измерениям выражалась соотношением = $65/90$.

Приняв для сравнения удельную диэлектрическую проницаемость старого баллона за 1, мы получаем $65 : 90 = 0.722$. Тогда, для такого же стекла, емкость нового сосуда составит $0.722 \times 2 = 1.444$ раза от старого, следовательно, новое стекло имеет на 44.4 % превышающую удельную диэлектрическую проницаемость. Пока еще нет твердой уверенности, ввиду неравных размеров, поместятся ли в баке 25, 20, или только 18 баллонов. Пусть 18 будет наименьшим числом для новых баллонов, помещенных в бак, тогда соотношение

$\frac{\text{Новый бак}}{\text{Старый бак}}$ в числовом виде будет выглядеть как $\frac{65}{90} \times \frac{18}{16}$, или приблизительно

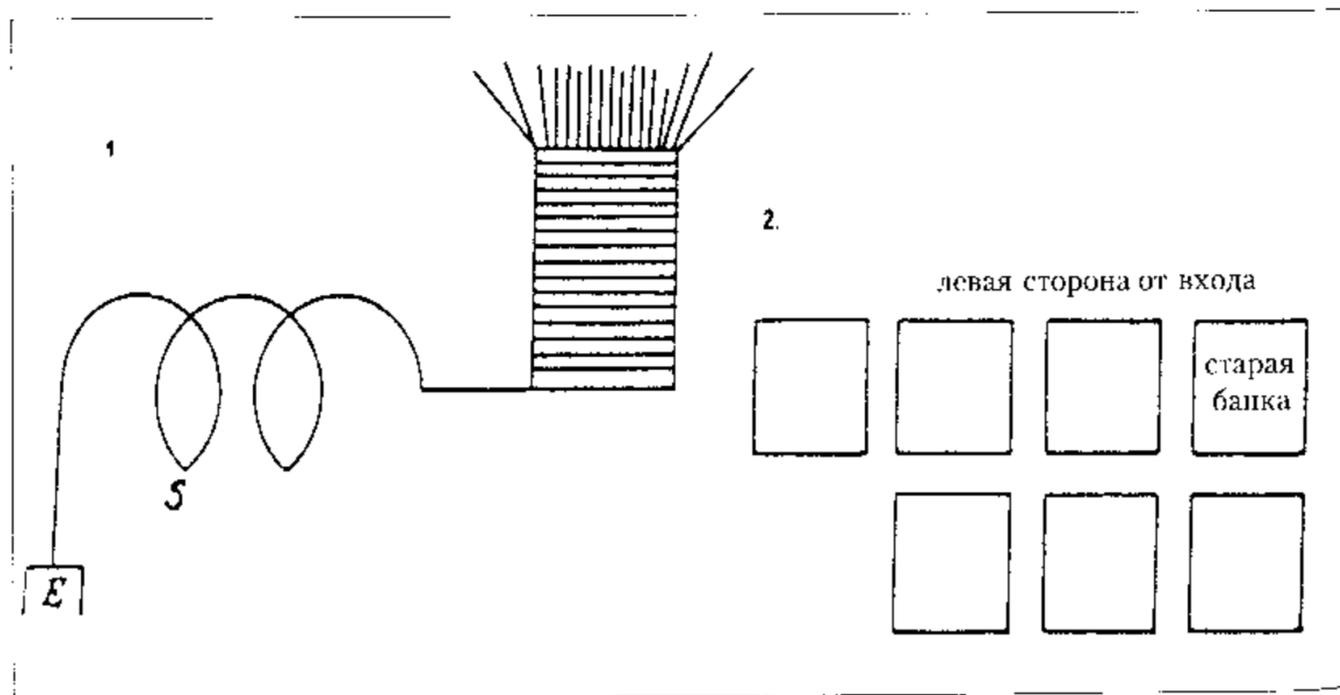
но $8/10$. Для 20 баллонов в новом баке это соотношение будет около $9/10$, для 25 сосудов почти 1.11. В наименее благоприятном случае, первом, мы сможем трансформировать по крайней мере на 60% больше энергии, чем со старыми баллонами; в наилучших условиях – в 2.22 раза больше, чем ранее.

Это хорошо.

Колорадо-Спрингс

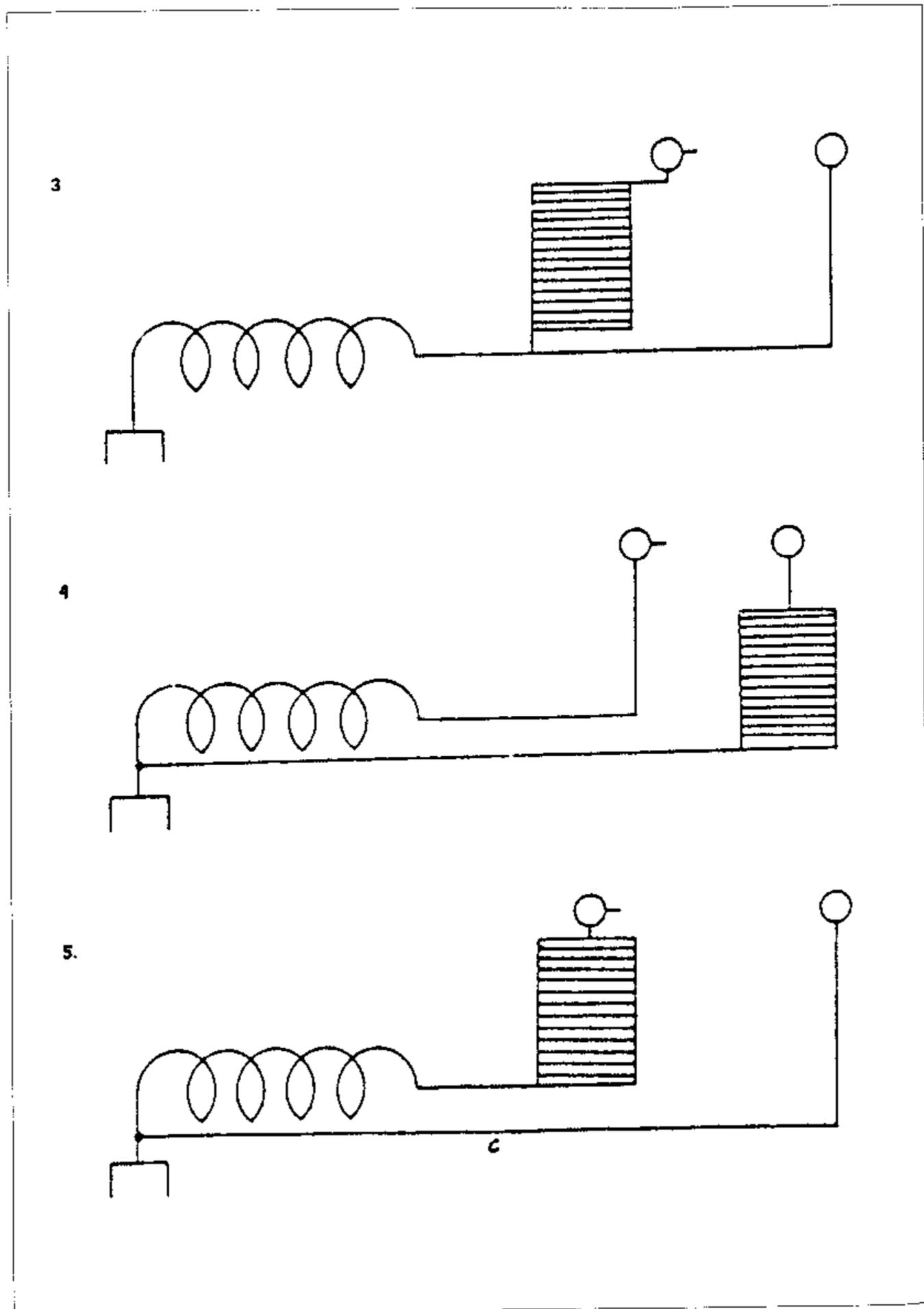
30 июля, 1899

Дальнейшие результаты наблюдений, полученные в ходе экспериментов с описанной выше катушкой в 500 витков



В этих экспериментах в дополнение к промежуткам в камере были задействованы два наружных промежутка; при этом все они соединены последовательно таким образом, чтобы длина искрового промежутка варьировалась от минимальной в $2 \frac{1}{8}$ " до максимальной – около 5". Два внешних промежутка имели фиксированную длину – 1" каждый, в то время как промежутки в искровой камере изменялись периодически, подчиняясь вращению диска. Катушка была подсоединена, как показано в схеме 1, к свободному концу вторичного контура, при этом самые нижние точки катушки находились на высоте 6 футов от земли. Резонанс был достигнут при использовании 7 банок конденсаторов на каждой стороне первичного контура. Так как эти банки конденсаторов могли, предположительно, различаться по емкости, прилагается дополнительно схема 2, на которой показано их расположение.

Суммарная первичная емкость была приблизительно в границах 0.04336–0.0498 микрофарады в соответствии со схемой подключения. Наблюдаемые явления были интересными по многим аспектам. Стримеры, возникавшие на вершине катушки, имели длину большей частью семь футов, а иногда восемь, были толстыми и совершали стремительные движения. Они не выглядели такими красными, как те, что получались раньше при том же режиме работы. Очень часто мощные искровые разряды пробегали по катушке сверху вниз. Удивительная особенность этих разрядов состояла в том, что они двигались по кривой, проходя почти полукруг, как если бы они начинали двигаться в противоположном направлении, а затем уходили к нижнему концу катушки. Безусловно, они могли бы достигать нижнего конца катушки, сократив траекторию на 40 или 50%. Во время наблюдений отмечено, что по молниеотводу не проходило никаких разрядов. Это было признаком того, что на единицу длины заземлителя приходилась лишь сравнительно небольшая электродвижущая сила, и ее слишком мало, чтобы пробить промежутки на молниеотводах. Чтобы узнать, будет ли катушка реагировать на ближайший основной тон, провода первичной обмотки были соединены последовательно, что уменьшило ровно наполовину частоту первичных колебаний. Катушка действительно среагировала, но эффект был, как и предполагалось, невелик, примерно одна четверть. Спустя некоторое время к верхнему концу катушки проводом длиной около 20 футов подсоединили один из больших шаров диаметром 30". Когда катушку индуктивности отрегулировали, появились очень мощные стримеры – показатели того, что шар значительно повлиял на снижение периода катушки. Но и с шаром колебания катушки были все еще слишком быстрыми для первичного контура, тогда параллельно с первым шаром подключили второй диаметром 30". Опять провели настройку регулирующей катушки, после чего был получен хороший резонанс. Теперь искровые разряды и стримеры оказались сильнее, первые достигали иногда верха вторичного контура, проходя расстояние около $8 \frac{1}{2}$ фута по прямой. Но из-за своей криволинейной траектории искровые разряды были фактически гораздо длиннее.

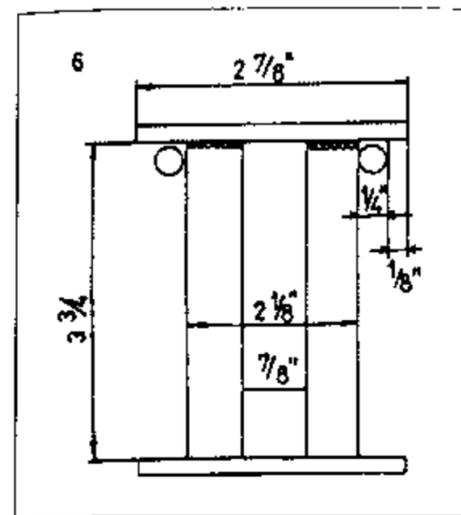


Искровые разряды доходили иногда до заземлителя от изгиба провода, соединяющего верх катушки с шарами, так что эти разряды преодолевали расстояние 103" по прямой. С шарами искровые разряды были гораздо толще и сопровождалась большим шумом, становились особенно мощными и яркими, когда проходили по катушке сверху донизу. Очевидно, значительно более длинные разряды можно получить при большем числе витков в добавочной катушке, так как в этом случае емкость на конце можно уменьшить. Однако эксперименты также доказали, что энергия, запасаемая в катушке, не очень большая, из-за малого сечения провода, поскольку, когда между двумя большими шарами появлялась дуга, ей не удавалось преодолеть расстояние при удалении шаров примерно на 1 фут. Были видны стримеры, и иногда мощные на проводах, идущих к шарам, а особенно на проводе, который шел от верха катушки, но искровые разряды всё-таки не могли образовать перемижку в промежутке. Это доказывало, что для заряда шаров до достаточно высокого потенциала не хватало энергии, в то же время прохождение искровых разрядов, очевидно, становилось затруднительным вследствие большого радиуса траектории. Напряженность должна быть обратно пропорциональна радиусу кривой, следовательно, иными словами, напряженность на проводе, идущем к шару, гораздо выше, чем на самом шаре, что фактически означает: заряд шара несет меньший потенциал, чем провод. Это, как мне кажется, в некотором роде свежий взгляд, заслуживающий внимания. Не вдаваясь глубоко, я, пожалуй, просто предположу, что напряжение на шаре и проводе одинаково, но на проводе оно должно быть больше, поскольку из него возможна утечка, в то время как из шара таковой не происходит.

Тонкий провод или какой-либо выступ, или поверхность небольшой кривизны становятся, таким образом, эквивалентом небольшого отверстия, или течи в трубе или резервуаре, где находится жидкость под давлением, и, очевидно, такие поверхности малой кривизны будут значительно уменьшать максимально достижимое напряжение в колебательном контуре. Очень важно, как я уже часто отмечал, для обеспечения высокой эффективности аппарата предпринять меры для предотвращения появления стримеров, и решению этой задачи уже уделяется много внимания. При передаче сигнала на расстояние образование стримера на передатчике весьма значительно ухудшает его работу, так что иногда сигналы не уходят дальше чем на четверть расстояния или даже меньше именно по этой причине. При использовании тела с большой поверхностью, которое должно быть сферической или цилиндрической формы с закругленными концами, достигаются лучшие результаты, чем просто с проводом, поднятым на высоту, не столько за счет увеличения емкости, а в основном лишь потому, что уменьшается возможность утечки, и система работает более экономично, производя электроколебания в земле. Сфера или поверхность больших размеров при условии, что она не настолько велика, чтобы препятствовать колебаниям передающей системы, имеет преимущества перед малой по тем же причинам.

Впрочем, в связи с этим я уже давно отмечал: когда передающая система состоит из проводников со значительной металлической массой, достигается большая внезапность или большая скорость изменения за единицу времени, и передатчик работает более эффективно, производя возмущающие воздействия на расстоянии. Одна очевидная причина этого явления состоит в том, что обычно в таком случае pL/R больше, чем если бы проводники не имели такую большую массу, но насколько я могу судить, основной довод состоит в том, что электродвижущая сила, воздействующая на электрическую цепь, соединенную таким образом, должна вызывать гораздо больший ток в первый момент, так как при прохождении искрового разряда происходит большое и внезапное изменение в электродвижущей силе, действующей в системе. Я провожу различие между этими двумя воздействиями. Одно постепенно повышает напряжение, другое значительно влияет на внезапность. Таким образом, масса металла с незначительным электрическим сопротивлением реагирует на внезапное проявление электрического напряжения почти так же, как масса металла с большой инерцией реагирует на внезапное давление, вызванное ударом. В обоих случаях имеет место увеличение давления, или силы. Когда в ходе экспериментов, описываемых здесь, к одному из шаров был присоединен небольшой провод, а другой шар оставался в прежнем состоянии, искровые разряды с легкостью проходили между ними, преодолевая расстояние в $6\frac{1}{2}$ – 7 футов.

Как бы то ни было, несмотря на то что искры были очень яркими и, судя по всему, весьма эффективными, на молниеотводах никаких искр не наблюдалось, когда происходил разряд. Очевидно, электродвижущая сила, приходившаяся на единицу длины заземлителя, была мала, несмотря на мощность искровых разрядов. Размышления над причинами отсутствия искровых разрядов на молниеотводах привели к пониманию, что в примененной схеме соединения по заземлителю передавались только сравнительно медленные колебания, так как вторичный контур действительно препятствовал высшим гармоникам, которые могли бы быть подходящими для образования искровых разрядов, в их прохождении по заземлителю. Сначала применили соединение, представленное в схеме 3, теперь его заменили другим, которое показано в схеме 4. Хотя теперь катушка возбуждалась при малой наведенной эдс, искровые разряды между шарами были тем не менее весьма мощными и достигали более $2\frac{1}{2}$ фута. Это говорит о том, что также имела место и индуцированная эдс, которая взаимодействовала с наведенной эдс в катушке, что вызывало большой скачок. Схема 4 предлагает присоединить нижний конец возбужденной катушки к любой иной точке вторичного контура, что позволяет как угодно регулировать наведенную эдс. С другой стороны, способ подключения, представленный в схеме 4, не дал никаких искровых разрядов на молниеотводах по упомянутым выше причинам. Но когда было опробовано подключение, показанное в схеме 5, они появились и стали более сильными, когда был



задействован проводник С в виде очень толстого кабеля. Это подключение продемонстрировало очевидный факт – короткие волны более эффективны, так как дают более высокую эдс на единицу длины в заземлителе.

Индукционная катушка нового образца для аппарата с применением метода усиления действия с помощью конденсатора, предназначенная для исследования распространения волн через землю и телеграфной связи

Собрали систему для быстрых колебаний, включающую в себя шар диаметром 30" и толстый кабель. Методом резонанса вычислили период колебаний этой системы, он составил 240 000 в секунду. В возбужденном состоянии она испускала искровые разряды, проходившие через промежуток длиной около 7 футов или меньше от провода, присоединенного к верхнему концу катушки, которая возбуждалась от вторичного контура, подобно тому, как это было описано в прошлый раз. Так как установка представлялась достаточно мощной, была надежда на возможное появление стоячих волн. Для оптимального режима работы потребовалась индукционная катушка, вторичная обмотка которой могла совершать колебания по возможности с тем же периодом, а катушка была намотана на барабан, размеры которого указаны в схеме. Таким образом, установка совершала $240\,000 = n$, что дает длину волны $\lambda = 186\,000 / 240\,000 = 0.775$ мили, если $\lambda/2 = 0.775/2$ мили, или около 2 000 футов приблизительно. Средняя длина одного витка вторичной обмотки несколько превышает 4.5", следовательно, потребуется немногим больше 5 000 витков. Желательно также использовать имеющийся в наличии конденсатор емкостью в $1/2$ микрофарды для первичной обмотки катушки. Первичная обмотка должна иметь тот же период, следовательно, нам необходимо найти индуктивность первичной обмотки:

$$\frac{1}{n} = \frac{1}{24 \times 10^4} = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{L_p \times 0.5}, \quad \left(\frac{1}{480\pi} \right)^2 \times 2 = L_p = 9\,000 \text{ см.}$$

Катушка, предназначенная для вышеуказанной цели, имеет, фактически 32 слоя, по 160 витков в каждом, во вторичной обмотке. Отсюда длина вторичной обмотки составляет почти $\lambda/2$.

Первичная обмотка имеет 50 витков = n . При расчете индуктивности мы имеем: длина барабана $3.75'' = 9.525$ см
Площадь = 28.3 кв. см, отсюда $L_p = \frac{28.3 \times 2500}{9.525} \times 1.257 = 9358$ см.

Весьма близко к искомой величине.

Примечание. Будет, безусловно, лучше воспользоваться схемой, применявшейся в Нью-Йорке, и построить катушку с большим количеством меди.

Результаты наблюдений резонансного роста на трансформаторе Вестингауза

С целью исследования роста вначале применили искровой промежуток такой длины, что разряд вторичного контура не мог его пробить, и на первичном контуре наблюдалась разность потенциалов, когда включался выключатель. Было экспериментально опробовано несколько значений емкости первичного контура. Нижеследующая схема представляет расположение комплекта конденсаторов с правой стороны, если считать от центра здания к входу. На каждой стороне первичного контура было теперь 2 комплекта, соединенных последовательно. Пример одного соединения представлен в схеме. Каждый старый резервуар вмещал 16 джар, емкость каждого джара составляла 0.00334 микрофарады. Каждый новый резервуар вмещал 16 джар, емкость каждого джара была на 10% больше и составляла 0.00367 микрофарады. Исключим резервуары a и b и обозначим суммарную емкость через C_1 , тогда мы получаем:

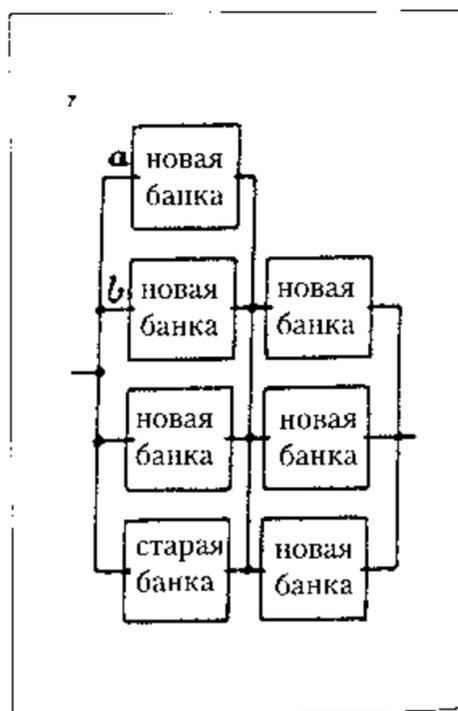
$$\frac{1}{C_1} = \frac{2}{(0.00334 + 0.00367)16} + \frac{2}{0.00367 \times 16 \times 3}, \text{ или}$$

$$C_1 = \frac{0.00493}{0.144} = 0.03424 \text{ микрофарады.}$$

При такой емкости во вторичной обмотке трансформатора Вестингауза рост в первичной обмотке, как показал вольтметр Вестона, составлял от 102 до 122 вольт. Добавив по резервуару b на каждой стороне и принимая суммарную емкость за C_2 , мы имеем:

$$\frac{1}{C_2} = \frac{2}{(0.00334 + 2 \times 0.00367)16} + \frac{2}{0.00367 \times 48} = \frac{1}{0.08544} + \frac{1}{0.088}$$

а отсюда $C_2 = 0.04336$ микрофарады. В этом слу-



чае рост был в пределах от 102 до 126 вольт. Последующее добавление резервуара a на каждой стороне дало значение C_3 емкости во вторичном контуре, равное 0.0498 микрофарады, а рост в этом случае колебался от 102 до 130 вольт.

Примечание. Во всех случаях, когда выключатель осуществлял включение, напряжение сначала возрастало, а затем падало до зафиксированных значений, которые еще раз приводятся ниже в обобщенном виде.

Результаты:

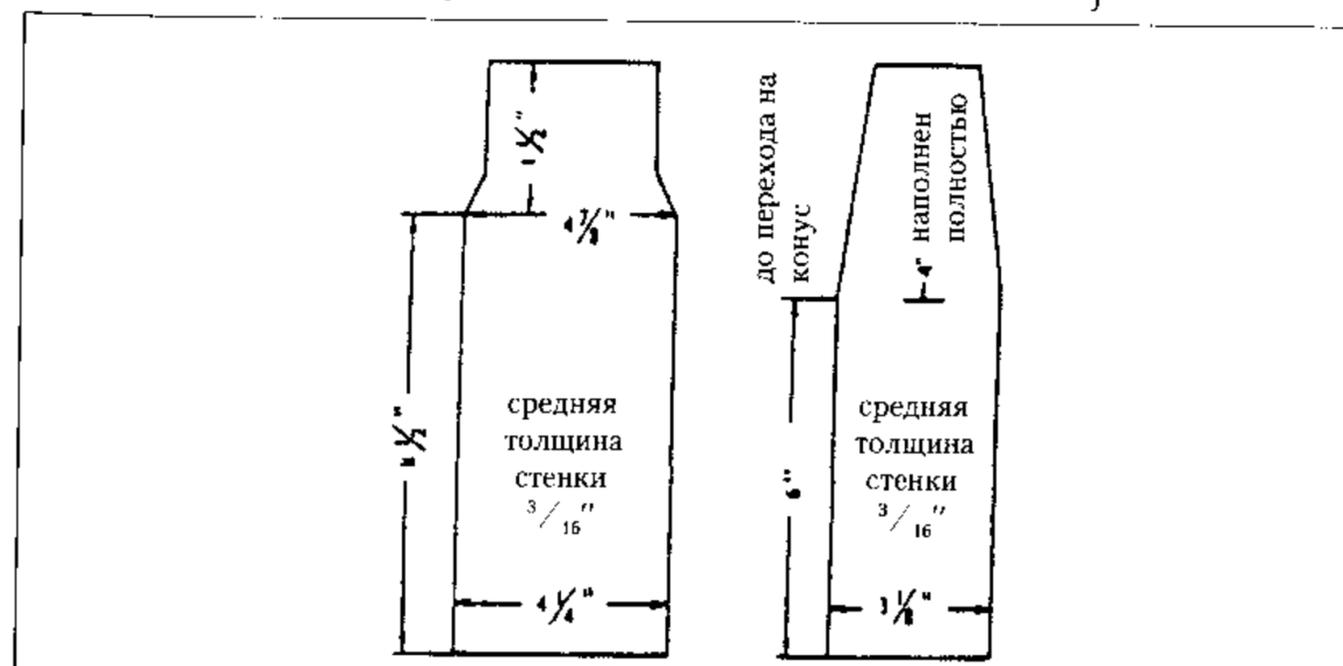
Емкость в микрофарадах Во вторичной обмотке трансформатора Вестингауза	На первичной обмотке трансформатора Вестингауза	
	Начальное напряжение	Конечное напряжение
0.03424	102	122
0.04336	102	126
0.0498	102	130

Колорадо-Спрингс

31 июля, 1899

Проект использования в качестве конденсатора бутылок из-под воды Манитон емкостью 1 кварта

Сравнительный анализ образцов бутылок показал следующее:
Отклонение 7 бутылок Манитон Среднее трех замеров 20.66 } градуса на
-"- 2 старых бутылок -"- 19.7 } шкале



В первом случае эдс составила 164 вольта	}	средние значения трех замеров
Во втором — 167 вольт		

Отклонение для одной новой бутылки $20.66/7$. Отклонение для одной старой бутылки $19.7/2$. Приведенная к одинаковому напряжению одна новая бутылка могла бы дать

$$\frac{20.66}{7} \times \frac{167}{164} = \frac{21}{7} = 3 \text{ приблизительно,}$$

отсюда вытекает соотношение емкости одной старой бутылки и новой как

$$\frac{19.7}{2} = \frac{19.7}{6} = 3.30, \text{ или приблизительно:}$$

$$\frac{\text{Новая бутылка}}{\text{Старая бутылка}} \text{ ёмкость} = 0.3.$$

И теперь в один резервуар у нас может поместиться 39 новых бутылок, тогда как старых бутылок могло войти только 16. Отсюда емкость нового резервуара относительно емкости старого будет выражаться как

$$\frac{39 \times 0.3}{16} = \frac{11.17}{16} = 0.731.$$

Далее, средний наружный диаметр цилиндрической части старого сосуда = $4.5625''$. А средний наружный диаметр цилиндрической [части] новой бутылки = $3.125''$. Поправка для верхней части старого сосуда $1 \frac{1}{2}''$, рассчитанная по тому же диаметру, который имеет цилиндрическая или близкая к цилиндрической часть. Соответствующая поправка для новой бутылки $\frac{8}{3}''$. На основе этих данных получаем соотношение:

$$\frac{\text{Поверхность старой бутылки}}{\text{Поверхность новой бутылки}} = \frac{\frac{\pi}{4} \times 4.5625^2 + \pi \times 4.5625(8.5 + 1.5)}{\frac{\pi}{4} \times 3.125^2 + \pi \times 3.125 \left(6 + \frac{8}{3}\right)} = \frac{50.829}{29.525}$$

А теперь можно получить полное представление о толщине стенок в обоих типах бутылок исходя из их веса. После многократных замеров и замен бутылок выяснилось, что соотношение:

$$\frac{\text{Вес новой бутылки}}{\text{Вес старой бутылки}} \text{ имеет числовое выражение} = \frac{24}{32} = \frac{3}{4}$$

С учетом сделанных выше расчетов поверхностей, используя этот результат, можно получить соотношение

$$\frac{\text{Толщина новой бутылки}}{\text{Толщина старой бутылки}} = \frac{50.829 \times 24}{29.525 \times 32} = \frac{152.487}{118.1} = 1.3 \text{ всего лишь!}$$

Поскольку относительная толщина значительно больше, чем показывает этот результат, определение толщины по весу, как это сделано выше, не рационально, если не делать поправок. Стекло, несомненно, имеет неодинаковую толщину, это более свойственно старым бутылкам, чем новым. У первых особенно тяжелым является дно, что искажает результат, выведенный из веса бутылок. Многие бутылки были разбиты, и выяснилось, что средняя толщина новых бутылок в три раза больше, чем у старых. Во всяком случае, совершенно ясно, что наименее прочный участок новой бутылки в три раза превосходит по толщине наименее прочный участок старой. Убедиться в этом наиважнейшее дело, так как бутылки пробиваются в самом слабом месте. А поскольку емкость старой бутылки по отношению к новой определяется путем измерения и выражается как $1 : 0.3$ приблизительно, а поверхности соотносятся как $50.829/29.525$, мы можем получить представление об удельной диэлектрической проницаемости последних относительно таковой первых. Новая бутылка могла бы при той же толщине, то есть одной трети от фактически применяемой, иметь показатель 0.9 вместо 0.3 , а для той же поверхности она могла бы составить $50.829/29.525 \times 0.9$, или в 1.55 раза больше емкости старой, при этом оба показателя должны быть, по расчетам, такими, что удельная диэлектрическая проницаемость стекла в новой бутылке, по всей вероятности, будет на 55% больше, чем у стекла старой бутылки.

Опробование сифонных бутылок из-под воды Виши с целью использования их в планируемых новых конденсаторах

Размеры: $3.8''$ внешний диаметр. Толщина стекла от $\frac{1}{4}''$ до $\frac{1}{4} + \frac{1}{64}''$, весьма однородное.

Высота имеющихся в наличии бутылок $6 \frac{1}{2}''$.

Сравним с бутылками из-под воды Манитон:

$$\frac{\text{Средний диаметр Виши}}{\text{Средний диаметр Манитон}} = \frac{3.5''}{3''}$$

$$\frac{\text{Толщина Виши}}{\text{Толщина Манитон}} = \frac{17}{7}$$

$$\frac{\text{Поверхность Виши}}{\text{Поверхность Манитон}} = \frac{13.5\pi \times 6.5}{3.125\pi \times 8} = \frac{23}{25} \text{ приблизительно.}$$

И, наконец, отклонение – средний показатель трех замеров при той же эдс:

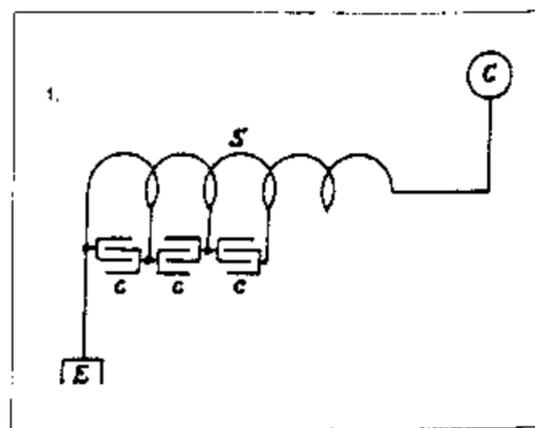
$$\frac{\text{Отклонение Виши}}{\text{Отклонение Манитон}} = \frac{4.3}{9}$$

Емкости находятся в этой же пропорции, и проверка доказывает, что, несмотря на то что бутылки Виши могли бы стать отличными конденсаторами, емкость двух комплектов, соединенных последовательно согласно проекту, была бы слишком маленькой. Причина в том, что стенка слишком толста.

Если бы можно было использовать только один комплект конденсаторов, ничего лучшего и не пожелаешь. В общем-то выбора в пользу бутылок Манитон не сделано, были проведены испытания с целью выяснения, какое напряжение эти бутылки смогут выдержать наверняка. Для этого в резервуар вместе с другими бутылками были помещены 7 таких бутылок с несколько более тонкими стенками по сравнению с обычными, толщина едва достигала $\frac{1}{8}$ ". Концентрированный соляной раствор доходил до отметки 3" от верха. Парафиновое масло было залито почти до самого верха. Сначала подключили 7500 вольт, затем напряжение подняли до 15000 вольт, и бутылки выдержали. Эдс была доведена до 22500 вольт, когда бутылки начали выходить из строя, и через некоторое время три разбились. Пришли к выводу, что два комплекта бутылок, соединенные последовательно, могли бы вполне благополучно выстоять по крайней мере при 30000 вольт. Стекло – действительно великолепный материал. Эти испытания были проведены при 144 циклах в секунду. Любопытно было наблюдать, что, когда одна бутылка вышла из строя, за ней последовали другие, что было обусловлено возникшими интенсивными колебаниями или же ударом после взрыва.

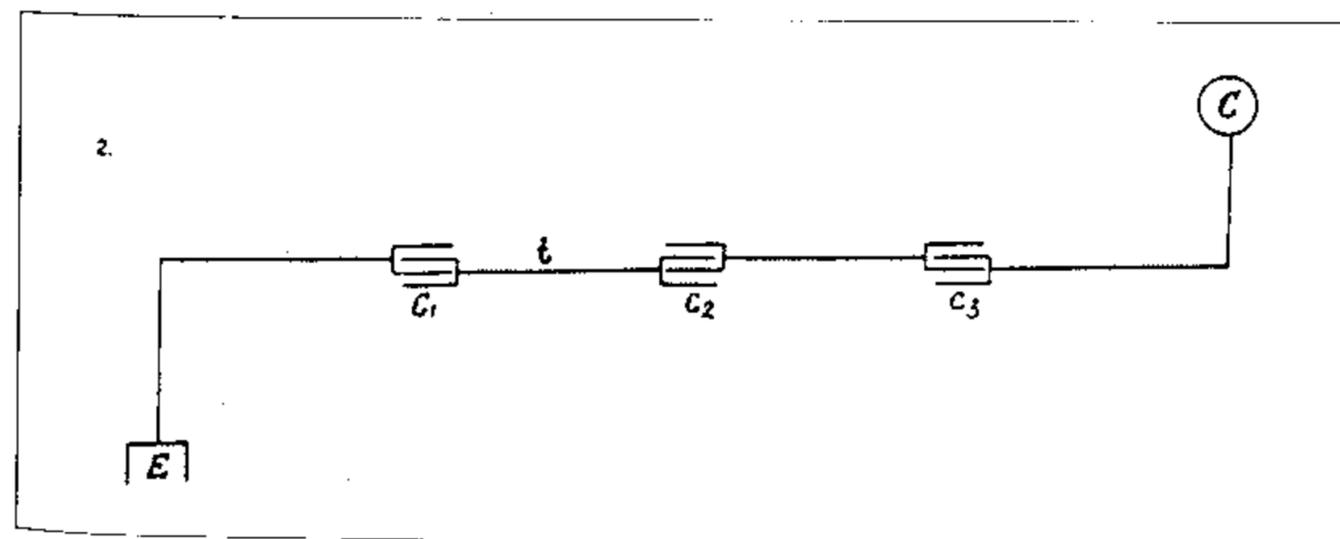
Примерный расчет модифицированной структуры вторичного контура, предназначенного для преодоления недостатков, вызываемых распределенной емкостью

Как отмечалось выше, в ряде случаев одним из основных препятствий, с которым пришлось столкнуться в работе с большим генератором колебаний, является распределенная емкость, вследствие чего эффективность установки в передаче электрической энергии в окружающую среду в значительной степени снижается. Распределенная емкость создает помехи особенно тогда, когда витки имеют большой диаметр или, как полагается в большинстве случаев, имеет мес-

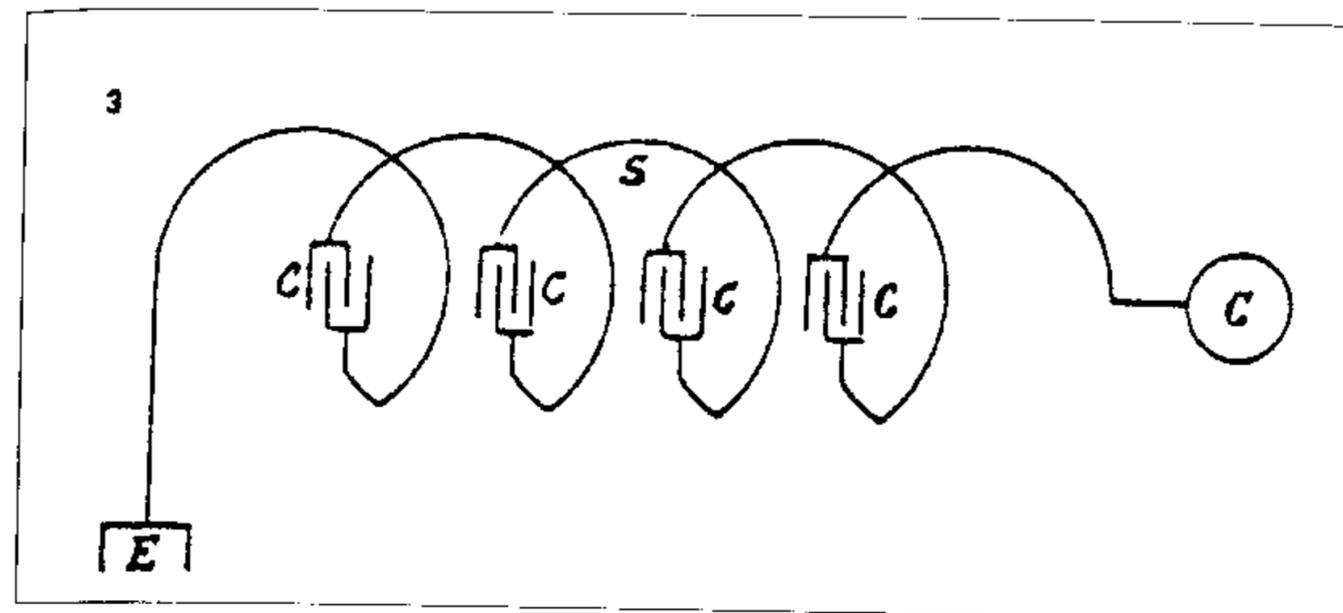


то большая разность потенциалов между участками провода, находящимися на небольшом расстоянии. Примыкающий участок провода действует как конденсатор, в котором энергия накапливается при каждом чередовании, и количество этой аккумулированной энергии пропорционально квадрату разности потенциалов, существующей между участками провода, образующими конденсатор. Так вот, большая часть такого перемещения электричества, вызванная этой распределенной емкостью, происходит внутри катушки и не проявляется, кроме очень небольшой доли, во внешней цепи. Поскольку перемещение в последнем из упомянутых контуров является главной целью, заряд и разряд конденсаторов, образованных витками катушки, большей частью потерян для цели, ради которой установка спроектирована. В генераторе колебаний такого рода при правильном конструкторском решении всё перемещение энергии, произведенное в катушке, должно передаваться на внешний контур, но это условие никогда не может осуществиться во всей полноте.

Целью конструктивного решения, которое будет рассмотрено здесь, является достижение максимально возможной степени совершенства. Говоря о схеме 1, иллюстрирующей применяемый в ней вторичный контур, предназначенный для того, чтобы совершать как можно большее перемещение «электричества» из точки *E* в точку *C* и обратно, мы увидим, что расположенные один рядом с другим витки образуют малые конденсаторы *c, c, c*, в которых происходит локальное перемещение, которое не передается через весь провод. Такая катушка *S* со значительной распределенной емкостью не будет вследствие этого эффективной в создании воздействий такого свойства, чтобы я мог использовать их в различных целях. Распределенная емкость особенно вредит, когда желательно получить очень высокий потенциал в *C*, а, поскольку это обычно и требуется, важно решиться и опробовать эту конструкцию и опытным путем изыскать такой рабочий режим, который будет сводить вред к минимуму. В сходных ситуациях я добивался цели в той или иной степени путем сооружения вторичной обмотки контура из частей, соединенных



последовательно через конденсаторы, и теперь предстоит разработать вторичный контур, соответствующий имеющейся установке и сконструированный по этому принципу. Чтобы было более понятно, как эти конденсаторы, соединенные последовательно, снижают влияние распределенной емкости, о чем говорилось выше, отсылаю к схеме 2, на которой показаны витки, или части вторичного контура, соединенные через конденсаторы C_1, C_2, C_3 . Предположим, что у нас будет n таких частей, обозначенных t и соединенных последовательно, и пусть C_1 будет означать суммарную емкость катушки, или вторичного контура S , тогда емкость витков, или отрезка t будет C_1 / n . А теперь, если на концах этого отрезка t будут находиться конденсаторы C_1 и C_2 , станет очевидно, что распределение электричества по отрезку t будет в большей степени скорректировано присутствием этих конденсаторов, и, если их емкость будет намного превышать емкость провода t , то почти всё электричество будет находиться на обкладках конденсаторов, следовательно, в отрезке t будет проявляться весьма малое локальное воздействие, и большая часть перемещения электричества, образовавшегося в проводе, будет передаваться по всей длине провода от E до C и обратно. Это означает, что установка будет действовать более эффективно и будет в значительной степени адекватной для передачи энергии через выводы E и C , какова бы ни была цель применения энергии и каким образом она бы ни использовалась. Следует отметить, что в конкретной модели генератора колебаний, представленной здесь, нижние витки отрезков, которые находятся ближе к земле и, следовательно, имеют меньший потенциал, не являются столь вредоносными, как верхние витки, или, говоря в более общем смысле, те витки, которые находятся дальше от заземления и ближе к свободному зажиму. То есть, последние несут значительно более высокий потенциал, и обычно имеет место большая разница потенциалов между отрезками провода одинаковой длины, когда происходит значительный резонансный рост, так как энергия, аккумулированная в распределенных конденсаторах, пропорциональна, как сказано выше, квадрату разности напряжения между смежными отрезками. Правильнее сделать верхние витки меньшего диаметра или поместить их на большем расстоянии один от другого. Но в определенных случаях именно этот недостаток может обернуться преимуществом, и путем помещения нескольких витков, находящихся вблизи терминала C , как можно ближе один к другому, можно получить большее перемещение электричества в нижних витках, или в тех, которые ближе к заземлению, и эффект, проявляющийся на расстоянии, может, таким образом, быть усилен, хотя я предпочитаю не прибегать к этому средству, так как можно добиться лучшего результата иным путем. Итак, приступая к разработке вторичного контура, который необходимо модифицировать предложенным способом, воспользуемся схемой 3, которая иллюстрирует предлагаемое в данном случае соединение, в котором конденсатор C помещается между каждым следующим витком вторичного контура S . Я намерен сделать приблизительный расчет



для одного первичного витка и максимально достижимой емкости первичного контура, которая составляет 80 джар на каждой стороне, что дает суммарную емкость в 40 джар, или $40 \times 0.0036 = 0.144$ микрофарады приблизительно при двух комплектах в последовательном соединении. Это может дать $n = 50\,000$ в секунду примерно. Допустим, что мы работаем с напряжением 30 000 вольт от трансформатора Вестингауза и имеем, как сейчас, 35 витков во вторичном контуре. В таком случае, учитывая расстояние между витками вторичного контура и их уменьшающийся диаметр, наведенная эдс во вторичном контуре будет значительно меньше, чем она могла бы быть, исходя из соотношения трансформации, которое будет выражаться как 35 : 1; с учетом замеров взаимной индукции, сделанных ранее, зная, что вторичный контур намотан на такой же каркас, она может, по расчетам, примерно в 18 раз превысить эдс первичного контура, то есть индуцированная эдс во вторичном контуре может, предположительно, составить около $18 \times 30\,000 = 500\,000$ вольт. Примем количество прерываний за 1 200 в секунду, как это было в нескольких предшествующих экспериментах с этой установкой и допустим, что заряд конденсаторов всегда происходит при усредненном напряжении, скажем, $\frac{6}{10}$ от 30 000, или 18 000 вольт, тогда энергия, аккумулируемая в конденсаторах за 1 секунду и отдаваемая в первичный контур, составит

$$\frac{18^2 \times 10^6}{2} \times \frac{0.144}{10^6} \times 1\,200 \text{ ватт,}$$

или 28 000 ватт, т.е. почти 38 л.с. будут потребляться установкой при этих условиях. Это, конечно, лишь приблизительный расчет. Основываясь на этих расчетах, мы можем оценить ток, проходящий через вторичную обмотку трансформатора Вестингауза, который, по грубому расчету, будет равен

$$\frac{750 \times 38}{30\,000} = \frac{285}{300} \text{ ампера,}$$

или с учетом утечек и т.д., скажем, один ампер. Таким образом, загрузка трансформатора будет всё же намного ниже максимальной, так как он может отдавать 1 ампер при напряжении 60 000 вольт и в непрерывном режиме, и, я нисколько не сомневаюсь в этом, намного больше, поскольку до сих пор не было отмечено ни малейшего повышения температуры после непрерывной работы в течение долгого времени. Допустим теперь, что ток вторичной обмотки равен одному амперу, ток, идущий через первичную обмотку генератора колебаний, возрастет за счет фактора Lp/R приблизительно, где $L=7/10^5$, а $p = 6n$ примерно $= 3 \times 10^5$. R трудно вычислить, поскольку ток первичного контура включает в себя дугу через искровой промежуток. Для определения сопротивления дуги с удовлетворительной точностью я воспользовался одним способом, который будет предметом последующего рассмотрения. Сопротивление многожильных кабелей первичного контура ничтожно мало, при этом в каждом кабеле имеется 37 проводов № 9. Принимая сопротивление отрезка в 1265 футов за 1 ом, находим сопротивление примерно 160 футов двух кабелей такого типа, равное

$$\frac{160}{1265 \times 74} = \text{всего лишь } 0.0017 \text{ ома.}$$

Без учета сопротивления дуги коэффициент Lp/R может быть огромным и составить

$$\frac{7 \times 10^4}{10^9} \times \frac{3 \times 10^5}{\frac{17}{10^4}} = \frac{21 \times 10^4}{17} = 12\,353!$$

Несмотря на то что это условие, конечно, неосуществимо на практике, мы можем в той или иной степени приблизиться к тому показателю, избавившись от дуги в первичном контуре, как, например, в модели генератора с ртутными прерывателями, которую я сконструировал для работы с низким напряжением таким образом, чтобы дуга практически не появлялась. Или же можно поместить конденсатор в цепь, параллельную первичному контуру, что мы рассматривали в предыдущем случае. Я знаю по опыту, что начальные токи в первичном контуре определенно достигают нескольких тысяч ампер, доказывая тем самым, что сопротивление дуги не может быть большим. В этом случае я допускаю, что оно составляет 18 ом, так что если конденсаторы, как ранее предполагалось, заряжались до 18 000 вольт в обычном рабочем режиме, начальный ток мог бы быть около 1 000 ампер в первичном контуре, уменьшаясь логарифмически. При таком максимальном значении показателя в первичном контуре потери в этой цепи не будут чрезмерно большими. Теперь конденсаторы вторичного контура должны иметь достаточную емкость,

чтобы вторичный контур мог быть носителем тока используемой частоты. Итак, обозначим эдс, индуцированную во вторичном контуре в одном витке как e , емкость одного из конденсаторов вторичного контура, размещенных вышеописанным способом, как c , тогда мы получим ток, проходящий через один виток $i = ec\omega$, где ω имеет значение 3×10^5 , как ранее предполагалось. Теперь эдс в ее усредненном значении будет равна, в расчете на один виток вторичного контура, $e = 500\,000/35 = 15\,000$ вольт приблизительно, а исходя из сделанного ранее предположения о максимуме в 1 000 ампер в одном витке первичного контура, наибольшее значение, которое мы можем допустить для i , было бы $i = 1\,000/35 = 30$ ампер примерно, а отсюда мы могли бы получить

$$c = \frac{30}{15\,000 \times 3 \times 10^5} = \frac{30}{45 \times 10^7} \text{ фарад, или}$$

$$\frac{3 \times 9 \times 10^{11}}{45 \times 10^7} = \frac{30\,000}{5} = 6\,000 \text{ см.}$$

Таким образом, нам может потребоваться емкость около 8 000 см в каждом из конденсаторов для прохождения тока вторичного контура в генераторе. Но эта расчетная оценка, пожалуй, слишком высока, и можно с полной уверенностью сказать, что достаточно будет и меньшей емкости. Поскольку один сосуд имеет емкость в $0.0036 \times 9 \times 10^5 = 3\,240$ см, два сосуда были бы вполне достаточны, а возможно также, хватило бы и одного сосуда между каждым витком вторичного контура. Основываясь на этом, рассчитаем суммарную емкость вторичного контура и получим $2 \times 3\,240/35 = 185$ см приблизительно, в то время как замеренная емкость была 3 600 см. Таким образом, влияние распределенной емкости может уменьшиться примерно до 5%, если применить конденсаторы во вторичном контуре. Такие конденсаторы для вторичного контура придется, конечно, сконструировать таким образом, чтобы противостоять не столько напряженности в диэлектрике — в этом они, безусловно, выдержат, — сколько искрообразованию на обкладке конденсатора. Пусть длина искрового разряда на вторичном контуре будет равна, скажем, 12 футам и предположим, что у нас имеется 36 конденсаторов во вторичном контуре, тогда, в среднем, они будут способны предотвратить искрообразование, когда напряжение на каждом из них таково, что вызывает искровой разряд длиной в $12 \times 12/36 = 4''$. В этом отношении не должны возникнуть большие трудности, если конденсаторы будут сконструированы должным образом. Достоинство конденсаторов, применяемых таким образом, полностью подтверждено, и я думаю, оно состоит в том, что с ними заряд не распределяется вдоль всего провода, а аккумулируется на обкладках конденсаторов, тем самым в большой степени снижая влияние электростатической взаимной индукции прилегающих или близлежащих позиций провода и уменьшая таким образом количество энергии, аккумулированной в самой катушке. Остается

только рассмотреть емкость на «свободном» конце вторичного контура. Емкость должна быть столь большой, чтобы она могла воспринять весь ток вторичного контура применяемой частоты. Или, говоря другими словами, она должна быть в состоянии аккумулировать всю энергию, которую вторичный контур способен дать. Существует, однако, еще одно соображение, с которым необходимо считаться в том случае, когда вторичный контур допускает свободные колебания, и это означает, что емкость на конце следует рассчитать таким образом, чтобы обеспечить резонанс с первичным контуром. Относительно этой емкости имеются три условия, о которых необходимо помнить, определяя ее, и эти условия следующие:

$$i = E c_s \omega \quad c_s = i / E \omega$$

- 1) E — эдс вторичного контура
 ω — частота вторичного контура

Ватты во вторичном контуре

$$W = c_s E^2 \omega / 2 \quad \text{или} \quad c_s = 2W / E^2 \omega$$

- 2) L_p — индукция
 C_p — емкость } в первичном контуре

$$L_p C_p = c_s L_s \quad \text{или} \quad c_s = L_p C_p / L_s$$

- 3) L_s — индуктивность вторичного контура

Продолжить.

3

КОЛОРАДО-СПРИНГС ДНЕВНИКИ 1-31 АВГУСТА, 1899

Из-за недостатка времени пропущены следующие, частично разработанные темы:

4 августа. Общие наблюдения электрических явлений, на этот раз в связи со стоячими волнами.

6 августа. Эксперименты со стоячими волнами в водопроводной трубе.

Примечание. Расстояние от пластинчатого заземлителя до конца водопроводной магистрали равно 550 футам.


 Colorado Springs Notes:
 Aug 1 - 31 1899.
 For most of time following items,
 partly written over, but see notes:
 Aug. 4. General observations of electrical
 phenomena here and particular
~~reference to stationary waves.~~
 Aug. 6. Experiments with stationary waves
 on water pipe. note distance from
 ground plane to end of main usually 550 feet
~~by means of...~~

31 августа. Продолжение работы над патентами: 1. Генерирование стоячих волн и общие представления об их применении. 2. Размещение обсерваторий единого времени и т.д. 3. Индикация направления для судов и т.д.

Колорадо-Спрингс

1 августа, 1899

Разнообразные наблюдения. В ходе этих экспериментов, особенно за истекший месяц, был получен ряд интересных результатов, которые будут сейчас подробно рассмотрены.

Прежде всего поражает исключительная чистота воздуха, о чем с большой очевидностью свидетельствуют четкость и точность очертаний предметов, находящихся на больших расстояниях. В низких местах, особенно там, где избыток влаги, видимость становится менее четкой, предметы сливаются в нескольких милях. В то время как здесь, на плато, на расстояниях во много раз больших, очертания выглядят совершенно ясными и отчетливыми. Когда вверх по Пайкс-Пик движется поезд, можно без всяких усилий различить не только локомотив и вагоны, но даже окна и колеса, хотя экспериментальная станция находится в 10–12 милях. В ясную погоду отчетливо виден невооруженным глазом и дом на вершине горы Пайкс-Пик. Можно прекрасно рассмотреть горные хребты на расстоянии 100–150 и даже более миль. Горная цепь, примерно в 50 милях от лаборатории, отчетливо видна при ясном небе даже ночью. Удивительно, что временами огромные предметы представляются карликовыми, в то же время мелкие объекты, такие, как лошади, повозки или люди, принимают нес естественно исполинские размеры. Временами горная гряда Пайкс-Пик кажется такой близкой и маленькой, что любой, не знающий реалий, счел бы себя способным выстрелить из винтовки современного образца по цели на горном склоне, полагая, что она находится в пределах досягаемости.

Дуговые лампы у горных подножий, находящиеся на расстоянии от пяти до семи и более миль, светят так ярко, как если бы они были всего в нескольких кварталах от наблюдателя, а при определенных условиях простая лампа накаливания в 16 свечей, судя по расстоянию, дает, как кажется, столько же света, как и обычная дуговая лампа. Она и выглядит такой же большой. Такое качество распространения света обусловлено поразительной чистотой и чрезвычайной сухостью воздуха.

Лунный свет обладает силой, не поддающейся описанию. Мне говорили, что горы лучше всего фотографировать при лунном свете, и я в этом не сомневаюсь. Для получения четких фотографий, передающих все подробности, должно хватить получасовой экспозиции, хотя они делятся, как мне говорят, от 1 1/2 до 2 часов. Такого света я не видел нигде. Италия славится своими лунными ночами, но, по моему мнению, она не идет ни в какое сравнение с Колорадо. Думаю, эта

необычайная яркость лунного света объясняется, главным образом, отсутствием влажности, так как имеется множество мест, например, в Центральной Америке, которые расположены гораздо выше, и всё-таки лунный свет, как говорят, не такой ослепительный, и я не вижу других причин этого явления, кроме повышенного содержания паров в тех местностях. Это не просто слова, а действительно так: при полной луне в этих местах светло как днем. Предметы четко различимы, и можно без труда опознать человека или знакомый предмет на расстоянии примерно около четверти мили, если не больше. Тени, отбрасываемые в лунном свете, необыкновенно резки. Они вызывают ассоциации с тенями, отмечавшимися в вакуумных лампах Крукса, и потому лунный свет особенно интересен, он располагает к размышлениям и стимулирует творческое воображение. Тени облаков, отбрасываемые на равнины и горы, совершенно черны и четко очерчены, гонимые ветром, эти причудливые пятна быстро перемещаются по земле. Ясными безлунными ночами небо представляет собой поистине удивительное зрелище: высыпают мириады звезд, блеск которых изумительно ярк. Иногда можно увидеть, как какая-нибудь звезда внезапно вспыхивает очень ярко. Это, возможно, объясняется смещением невидимого облака или слоя воздуха на большой высоте, которые содержали некие частицы, способные поглощать значительную часть света. Очень часто можно видеть падающие звезды, а также цветные круги вокруг луны, как правило, глубокой ночью, в часы, когда в воздухе появляется легкая дымка. Поскольку цветные круги обычно появляются очень холодными ночами, я думаю, что это объясняется наличием мельчайших кристаллов льда.

Благодаря исключительной чистоте и сухости воздуха звуки распространяются на поразительные расстояния. Иногда происходит совпадение определенных условий, совершенно исключительных, и они создают поразительные эффекты. Если в городе на расстоянии нескольких миль зазвонит колокол, будет казаться, что колокол находится прямо перед дверью лаборатории. Иногда ночью, когда я не спал, я с изумлением слышал людской говор, скрежет колес, грохот повозок, пыхтение паровозов и другие шумы, которые звучали мучительно громко, хотя приходили с невероятно больших расстояний. Эти явления столь поразительны, что им невозможно дать удовлетворительное объяснение на основе какой-либо правдоподобной гипотезы, и я склонен считать, что, вероятно, сильная электризация воздуха, которая часто отмечается и бывает чрезвычайно высокой, может в той или иной степени их инициировать.

Сухость атмосферы, которая еще больше усиливается вследствие низкого давления, достигает такой степени, что дерево, или другой материал, за несколько часов делается прокаленным, как в печи, и становится превосходным диэлектриком. Кожа на руках высыхает и трескается, и ее состояние может привести к образованию глубоких ран, если, как это часто бывает в экспериментальной работе, вам приходится часто мыть руки.

Во многих отношениях вы будете разочарованы самим видом местности, хотя она достаточно популярна. Я считаю ее неинтересной, и даже знаменитая вершина Пайкс-Пик не играет в этом плане решающей роли. Большая часть этой территории бесплодна, практически это пустыня, местами со скудной растительностью и бедным животным миром. Луговые собачки едва ли не единственные животные, которых можно увидеть на равнинах. Изредка можно увидеть птицу, и потому это место должно быть скучным для любителей охоты и рыболовства. Но насколько эта местность лишена привлекательности, настолько, и даже более того, прекрасно небо. Здесь можно увидеть такие красоты на небосводе, что никаким пером невозможно описать. Формы облаков представляют собой самое изумительное зрелище, какое только можно представить. На мой взгляд, переливающиеся цветовые оттенки с преобладанием красного и белого, несравненно, более яркие и насыщенные, чем в Альпах. Восходы и закаты солнца зачастую сопровождаются такими необыкновенными явлениями, что почти невозможно поверить своим глазам. Временами огромные пространства неба окрашиваются в темно-красный, почти кровавый, цвет, такой насыщенный, что суеверные люди могут испугаться, когда увидят это впервые, так же, как и во время другого, совершенно необычного явления на небосводе. Иногда, особенно до полудня, бывает видно, как огромные белые облака, словно снежные сугробы, проплывают в воздухе, и они выглядят такими реальными и осязаемыми, имеют такие четко очерченные края, что трудно поверить в то, что это водяной пар. Чистота и сухость атмосферы до некоторой степени объясняют резкость очертаний этих туманных образований, но вполне возможно, что есть и иные факторы, например, электризация частиц, которые, взаимодействуя, способствуют их уплотнению. Несомненно, чем чище воздух, тем больше разница между пространством, заполненным облаком, и окружающей его средой в отношении прохождения световых лучей, и контуры облака кажутся более четкими и псевдотвердыми в значительной степени за счет этого.

Очень часто, когда солнце садится, большая часть неба над горным хребтом выглядит как плавающая печь с раскаленным добела металлом. Совершенно невозможно смотреть на уплывающие прочь облака и не быть ослепленным — так ярок свет. Несколько раз я видел горы, окутанные серебристо-белой дымкой, и это было прекраснейшее зрелище, редкое явление, вызываемое мелким, как изморозь, дождем, выпадающим в горах. Интенсивность света при этом была в самом деле поразительной. Всё, что было ранее сказано о лунных тенях, относится, и даже в гораздо большей степени, к теням, отбрасываемым солнцем. Они черны, как смоль, и контрастно очерчены. Тени от облаков на равнинах и горах выглядят как большие смоляные пятна, быстро скользящие по земле. Особенно интересны тени, которые появляются на фоне неба и часто напоминают большие темные полосы или такие образования, которые формируются при определенных условиях и визуальном

воспринимаются как темные столбы, тянущиеся от земли к небу. Такие тени, оказывается, лучше всего видны после полудня, ближе к вечеру, когда солнце довольно низко, или в те дни, когда бывает чрезвычайно жарко и душно в предполуденное время, и облака плотнее обычного.

Очень интересно наблюдать за быстрым образованием и исчезновением облаков, и стоит только отвернуться на несколько мгновений, как вы замечаете, что картина изменилась: новые облака появились на месте тех, что только что были. Частенько сразу после захода солнца я наблюдал, как ниже горных вершин, словно по волшебству, появлялись казавшиеся плотными белые облака. Они возникали так быстро, что их появление больше походило на проектирование изображения на экран. Однако изумительную красоту облачных образований еще более подчеркивают не только невероятная четкость контуров и яркость цвета, но их неожиданное появление и формы, которые они принимают. Я очень часто видел низко над горизонтом как бы огромные ледяные поля, будто море замерзло в разгар шторма, и это выглядело так удивительно реалистично, что, каким бы ярким ни было описание, представить себе это зрелище невозможно. В иные дни на горизонте или на просторах «океана» с его темно-зеленой, темно-синей или черной «водой», простирающейся насколько хватает глаз, появлялись гряды гор, которые вы не смогли бы отличить от настоящих. И это не было обычным подобием реальности, которое можно удалить из сознания с помощью небольшого усилия воли, но скорее чем-то из области тех видений или галлюцинаций, которые вынуждают вас ущипнуть себя, чтобы в полной мере осознать, что ваши ощущения вводят вас в заблуждение. Я не раз видел такой океан, усеянный зелеными островами или россыпью сверкающих айсбергов, или парусных судов, или даже пароходов, на вид абсолютно реальных, тем не менее это были туманные образования или облака.

Почти ежевечерне, после захода солнца, при ясном небе горизонт на равнинах окрашивается удивительным образом во все цвета радуги поразительной яркости, начиная в верхних слоях с красного, заканчивая в самых нижних слоях синим, фиолетовым и черным тонами. По мере наступления темноты черная линия непрерывно поднимается над горизонтом. Этот феномен любопытным образом демонстрирует, как солнечные лучи отклоняются от прямолинейного курса и непрерывно идут по нисходящей к более плотным слоям атмосферы. Среди бесконечного множества облаков существуют четыре типичные и регулярно наблюдаемые формы поразительной красоты:

1. Красные облака, которые очень часто можно увидеть в ранние утренние часы на восходе солнца, по реке вечером, когда, вследствие большего процентного содержания влаги, облака уплотняются, напоминая дождевые тучи. По насыщенности цвета их можно сравнить с кроваво-красным рубином, особенно эффектно, когда располагаются обособленными скоплениями.
2. Белые облака, которые можно наблюдать обычно в предполуденное время или в ранние послеполуденные часы, хотя и нечасто.

Созерцание туманных образований, плывущих в синем небе, белизна и резкость очертаний доставляют взору ни с чем не сравнимое наслаждение. Должен отметить, что эти облака обычно появляются после короткого дождя, когда внезапный ветер очищает небо, оставляя лишь несколько больших и разрозненных скоплений пара.

3. Облака, имеющие вид огромных глыб золота. Эти радужные облака можно наблюдать главным образом на закате. Они представляют собой поразительное зрелище, особенно когда они пронизаны солнечными лучами, отчего интенсивность их переливчатого сияния время от времени усиливалась до поистине невероятной силы. Их цвет совершенно идентичен цвету золота, и это сходство становится абсолютным благодаря формам, напоминающим природные золотые самородки. Обычно один цвет переходит в другой – от желтого до красновато-желтого, какой бывает у золота с небольшим процентным содержанием меди. Характерная особенность этих красивейших облаков в том, что они сохраняют свою переливчатость лишь на очень короткое время – от пяти до десяти минут, а часто даже еще короче, хотя желтый цвет бывает виден по краям еще в течение получаса, и по утрам дольше, чем по вечерам.

4. Облака в виде масс раскаленного металла. Это самые дивные облака, которыми можно долго любоваться, интенсивность излучаемого ими света такова, что не поддается описанию. Я никогда прежде не видел ничего подобного в Альпах или где-либо еще. Здесь все оттенки, свойственные горячему металлу или углю, – от тускло-красного до ослепительно белого цвета, какой можно увидеть в плавильных серебряных печах, известного в Германии как «Silberblick» («Серебряный блеск»). Но чаще всего эти облака напоминают огромные глыбы раскаленного угля, пожалуй, превосходящие его по яркости и насыщенности цвета, и это зрительное ощущение еще более усиливается, когда рдеющая масса начинает угасать, как древесный уголь, стремительно поглощаемый печью с очень сильной тягой. Как можно объяснить интенсивность света, излучаемого этими облаками? Временами они делают выбросы света, который воспринимается таким же интенсивным и слепящим, как и сам солнечный диск, к тому же они представляют собой поверхность, во многие сотни раз превосходящую поверхность видимого солнечного диска. Нет ли здесь вероятности того, что в этом интенсивном сиянии, если не сказать в этой раскаленности, мы видим не только феномен отражения и преломления световых лучей, но также, по крайней мере частично, превращения невидимых излучений солнца в излучение, воспринимаемое зрением как свет? Или, если дело обстоит несколько по-иному, не может ли быть так, что невидимые лучи, абсорбированные в тумане тем или иным способом, уменьшают поглощение световых лучей и это делает процесс отражения и преломления последних более экономичным? Я не могу припомнить каких-либо экспериментов, проводившихся с целью выяснения влияния температуры на эти процессы. Линза из горячего стекла должна быть более эффективной при пропускании свето-

вых лучей, чем линза из холодного стекла. Но продолжая рассуждать в том же духе, мы можем прийти к выводу, что отражение от поверхности должно уменьшаться по мере нагревания последней. Более того, я должен признать, что для этих двух процессов очень важна температура, при которой тело отражает и преломляет лучи, по крайней мере к такому выводу должны привести признанные теории, согласно которым невидимые и световые излучения отличаются только длиной волны, а в остальном они идентичны. Однако наиболее приемлемой точкой зрения относительно вышеописанного феномена мне всё же представляется первая из высказанных, согласно которой невидимые излучения частично превращаются в световые лучи или излучения, придавая тем самым дополнительный свет, появление которого трудно объяснить иной причиной. Вполне возможно, что явление, подобное флюоресценции, могут производить тепловые лучи, попадающие на частицы тумана, усиливая таким образом световой эффект, или невидимые лучи могут вызвать расщепление или распад частиц пара (как показал Тиндаль), и этот процесс может сопровождаться выделением света. Несомненно, частицы, способные производить такое яркое радужное свечение, должны быть очень малыми, гораздо меньшими, чем обычные, образующие облака, и их форма может быть только такой, которая обладает проходимостью, что подтверждается уже упоминавшимся быстрым исчезновением и повторным появлением облаков. Эти четыре типа облаков, которые можно видеть здесь почти ежедневно и которые по чистоте, яркости и насыщенности цвета и четкости очертаний намного превосходят эти явления в других местах, представляют собой несравненную красоту небес Колорадо. Они могли бы заслуживать большего внимания, но для большинства местного населения они утрачивают значительную часть своего очарования, потому что небесная феерия происходит почти ежедневно. Мы привыкли говорить о «солнечной Италии», но по сравнению с Колорадо эту страну можно бы приравнять к туманной Англии. Говорят, что в среднем здесь едва ли случается 10–20 дней в году, когда не светит солнце, и даже эта оценка весьма преувеличена. С момента моего приезда сюда, примерно в середине мая, за исключением немногих мимолетных гроз, стояли ясные дни с облачностью, как раз достаточной, чтобы нарушить однообразие синевы.

Неудивительно, что легочные больные и вообще люди со слабым здоровьем так хорошо чувствуют себя здесь. Чистота горного воздуха вынуждает легкие постоянно и произвольно работать вследствие меньшей плотности воздуха и меньшего процентного содержания кислорода (примерно на 20% меньше, чем на равнине), исключительная сухость воздуха – всё это, взаимодействуя, с той или иной эффективностью влияет на состояние больных, но я полагаю, что основную причину улучшения здоровья следует искать в щедром и бодрящем солнечном свете.

Производит ли свет особое бактерицидное воздействие – это пока еще предположение, насколько мне известно. Я тут узнал, что проводились эксперименты

с целью выяснения, не излучает ли Солнце рентгеновские лучи или не производят ли их солнечные лучи иным способом, но результаты были отрицательными. Тем не менее я считаю, что существование такого рода лучей в излучениях Солнца, а также большинстве других мощных источников света и тепла должно, конечно, проявляться. Возможно, эти лучи в какой-то мере активны в торможении процесса распада, вызванного бактериями. Я прихожу к заключению: поскольку туберкулезная палочка является организмом, развивающимся в отсутствии света, такие лучи с короткой длиной волны, способные каким бы то ни было образом проникать в ткани и доходить до пораженных болезнью клеток, непременно должны губительно воздействовать на развитие микробов. Несмотря на то что это умозаключение, возможно, окажется неверным, оно всё же имеет под собой основание, и я полон оптимистических надежд, что установка, над которой я сейчас работаю для других целей, послужит и этой — позволит генерировать рентгеновские лучи большой интенсивности, которые завершат долгий поиск средств, позволяющих успешно бороться с этой страшной болезнью. Какова бы ни была причина чудесного улучшения здоровья у пациентов курорта, нет сомнения, что большинство людей, страдающих этим заболеванием и которым часто бывает отказано в медицинской помощи, здесь восстанавливают свое здоровье, и вскоре их внешний вид заметно улучшается. Недавно я по настоятельному приглашению друга пошел на обед, который он давал в мою честь, и там я познакомился с рядом людей, в той или иной степени интересных. В течение всего времени мы оживленно беседовали, и званый вечер был очень приятным. Все, казалось, были в хорошем настроении и отличном здоровье. Но мое хорошее настроение было испорчено, когда перед уходом я с изумлением узнал от знакомого, очень опытного и знающего врача, что из двух дюжин людей, с которыми я познакомился, едва ли у одного человека осталось одно здоровое легкое, большинство же фактически «зашли намного дальше», как он сказал, так что они, безусловно, спустя очень короткое время умрут, если уедут отсюда. Вскоре я узнал, что в этой местности проживают тысячи туберкулезников, единственные здоровые люди — извозчики, и я понял: в здешние места, отличающиеся поразительно целебным и животворным климатом, должны приезжать только два типа людей: те, кто болен чахоткой, и те, кто хочет... заразиться ею. То, что солнечный свет и тепло в высшей степени благотворно влияют на этих больных, видно по тому, как они воздействуют на совершенно здоровых людей. Проведя здесь недолгое время, я с удивлением замечаю, каким приятным и незаменимым становится солнечный свет. Даже здоровые люди впадают в печаль и начинают нервничать, когда небо покрывается тучами и темнеет. И хотя закатное солнце являет собой великолепное зрелище, у вас возникает ощущение печали, когда его диск исчезает из виду за горами, и вы совершенно счастливы, когда вновь видите его восход. Такие чувства

испытываешь, конечно, повсюду, но здесь они почему-то ощущаются с особой силой. Учитывая высоту над уровнем моря, исключительную чистоту и крайнюю сухость воздуха, обширность пустынных прерий, географическое положение территории и другие условия, определяющие характер климата, нетрудно догадаться, каким должен быть обычный характер погоды в Колорадо. Однако с удивлением узнаешь, что климат здесь в высшей степени мягкий, с грозами, которые случаются лишь изредка, и длятся один или самое большее два дня, со снегом, который вряд ли лежит на земле более тридцати шести часов.

К тому же жители Колорадо, как выясняется, особенно довольны зимней порой. В разговоре с другом я выразил свое восхищение необыкновенно ясной и бодрящей погодой, стоявшей до сих пор, но он привел меня в изумление, когда ответил: «Это не самое подходящее стечение обстоятельств, чтобы давать оценку. Чтобы составить верное представление о достоинствах этого климата, вам нужно приехать сюда зимой». Я, право, не мог понять, что вообще могло бы быть полезнее для здоровья и приятнее того, чем мы до сих пор наслаждаемся. Что касается давления, температуры, влажности, эти данные таковы. Давление в настоящее время составляет около 24" [609.6 мм рт. ст.] в среднем, что существенно ниже, чем в местности на уровне моря, но благодаря бодрящему воздуху не возникает неприятных ощущений из-за разреженности атмосферы, за исключением тех случаев, когда при выполнении физической работы начинаешь задыхаться. Влажность, должно быть, чрезвычайно низка, иначе жара и холод чувствовались гораздо сильнее. Сейчас средняя температура в полдень около 80° [26.6° C] в тени, но на солнце она другая. Полагаю, что местные жители склонны считать летние дни холоднее, чем они есть на самом деле, и они, по-видимому, предпочитают умалчивать о внезапных похолоданиях, которые время от времени случаются зимой. Но от скорых на язык людей я узнал, что иногда термометр показывает почти 40° [-40° C] ниже нуля; а на солнцепеке летом он может «зашкаливать». Я уверен, он может показывать около 150° [65.5° C]. В определенные дни, когда совершенно нет ветра, воздух особенно сух и чист, сила солнечных лучей такова, что она, несомненно, превзойдет все мои предположения. Зной бывал, как правило, таким жестоким, что когда водопроводную трубу, тянущуюся на приличное расстояние через поле к лаборатории, частично вскрывали, из нее вытекала кипящая вода и вырывался пар, как в русской бане. Невозможно опускать в нее руку даже на мгновение, сразу же возникал ожог.

Однажды около пяти часов пополудни солнечные лучи упали через открытую дверь на трансформатор высокого напряжения, который я привез из Нью-Йорка, и прежде чем кто-нибудь смог заметить это, расплавили всю изоляцию, превратив аппарат в совершенно бесполезную вещь. Я заметил такую опасность за несколько дней до этого и обратил внимание помощников

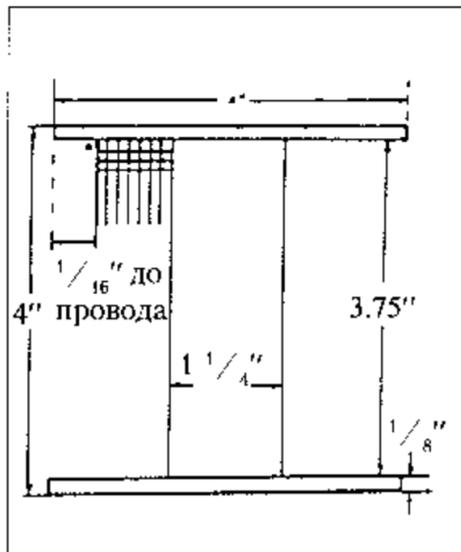
на необходимость следить за механизмом, но, к сожалению, в тот день обычными мерами предосторожности пренебрегли. Несколько бочек, заполненных концентрированным соляным раствором, были оставлены снаружи лаборатории, и давление в них возрастало каждый день как в паровом котле. Когда вытащили пробку, вода вырвалась мощной струей, и тогда решили, что будет целесообразно оставить небольшое отверстие в бочках для выхода пара, чтобы избежать разрывов и повреждений. Однако самым поразительным опытом такого рода было нагревание деревянного шара, обернутого фольгой и укрепленного над крышей, до такого состояния, которое он, предположительно, может выдержать, подвергаясь воздействию солнечных лучей. От него исходил густой пар, похожий на дым, а фольга осыпалась! Такой перегрев, по-видимому, происходит внезапно, когда, вследствие отсутствия слоя загрязненного воздуха, солнечные лучи проходят через чистую среду без больших потерь. Я часто испытывал боль от ожога на щеке или шее, которая возникала внезапно во время работы на солнце, и я могу объяснить это только вышеизложенным предположением. Однако самыми интересными являются наблюдения, связанные с электричеством, которые будут описаны в скором времени.

Колорадо-Спрингс

2 августа, 1899

Новую индукционную катушку для передвижной установки, спроектированной для наружных исследований, поместили в камеру. Конденсаторный метод. Детали: вторичная обмотка, провод № 30, 32 слоя плюс один слой толстого провода, 180 витков в каждом слое. Суммарное количество витков — 5670. Длина наименьшего витка $1.25 \times \pi = ?$ длина наибольшего витка $3.5 \times \pi = ?$, в среднем $2.125 \times \pi = 6.675''$, или около 17 см на один виток. Сопротивление вторичной обмотки 375 ом. Размеры каркаса катушки указаны на эскизе. Приемлемая длина каркаса катушки $4'' - \frac{1}{4}$ на два фибровых фланца $l = 3.75''$. 50 витков первичной обмотки намотаны как и в предыдущей катушке, провод № 20, сопротивление = 0.51 ома. В среднем длина витка $10.6'' = 26.93$ см. Суммарная длина провода в первичной обмотке $530'' = 1346.2$ см.

При таких условиях понадобятся конденсатор, подлежащий настройке, зарядная катушка, экспериментальная, как и провод, требующая настройки к конденсатору и прерывателю, Томасовский часовой механизм с колесом, имеющим 180 зубцов для прерывателя, вал, несущий



также чувствительное устройство; так что вышеназванный часовой механизм можно будет применить для прерывателя первого чувствительного устройства. Другое чувствительное устройство во вторичном контуре колебательного трансформатора, приводимое в действие другим Томасовским часовым механизмом. Потребность в последнем отпадет, если будет применяться способ самовозбуждения с помощью конденсатора. Реле, доставленное из Нью-Йорка, на 996 ом или около того. Это всё.

Применение бутылок из под воды Манитон в сравнении с бутылками из-под шампанского

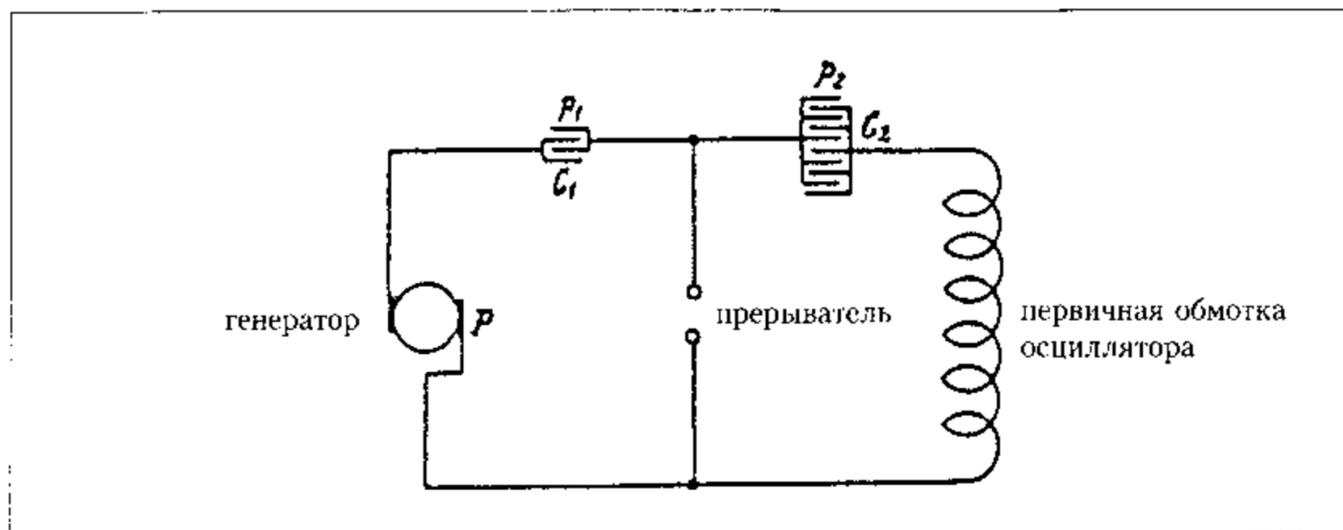
Может показаться, что последние более подходящи. Испытания выявили следующее. Для сравнения взяли по 2 бутылки каждого вида, наполненные до краев, поместили их в резервуар с раствором каменной соли, как в предыдущих случаях, куда подавался заряд одинакового потенциала примерно в 356 вольт; средний показатель четырех замеров оказался равным 13° отклонения для бутылок Манитон, 9.5° отклонения для бутылок из-под шампанского.

$$\text{Отсюда имеем: } \frac{\text{Емкость Манитона}}{\text{Емкость шампанского}} = \frac{130}{95}$$

$$\text{Теперь рассмотрим вес: } \frac{\text{Вес Манитона}}{\text{Вес шампанского}} = \frac{23}{36}$$

Эти цифры говорят о незначительном преимуществе стекла бутылки от шампанского, но наружная окружность последней была больше, чем у бутылки Манитон примерно на $\frac{1}{4}''$ и ее вместимость чуть-чуть превышала одну кварту. Более того, у нее бывает обычно плоское дно (для введения в заблуждение покупателей), и это увеличивает поверхность бутылки из-под шампанского. С учетом этого делаем вывод, что стекло не обнаруживает больших различий в отношении диэлектрических свойств в обоих типах бутылок. Бутылки из-под шампанского, бесспорно, разобьются первыми из-за полого дна, поскольку будет сложно удалить воздух, а также нелегко раздобыть необходимое количество таких бутылок в этом тихом городке. Это вынуждает применять Манитон.

Рассмотрим следующий случай. Конденсатор подключен последовательно вместе с другим конденсатором к генератору высокого напряжения. Устройство для коммутации цепи помещено в мосте между конденсаторами, как показано на схеме. Когда цепь замкнута, конденсатор, находящийся в цепи генератора, заряжается через это устройство до полного потенциала, по когда устройство разрывает путь тока, заряд распределяется на оба конденсатора. Такая компоновка с двумя конденсаторами в соединении с генераторами



колебаний проявляет определенные полезные свойства, особенно когда они питаются от генератора с высокой и стабильной эдс. Конденсатор, помещенный в цепь генератора, предотвращает короткие замыкания в генераторе в случае отказа прерывателя, а количество энергии, потребляемой из источника, ограничивается параметром, который можно с точностью определить заранее. В некоторых случаях эта схема может быть полезной также и при использовании генераторов переменного тока. Тогда конденсатор C_1 выполняет функцию редукционного клапана на резервуаре так же, как это применяется в распределительных газовых системах под большим давлением. С помощью такого механизма генератор колебаний может надежно работать от генератора с любой эдс и при любом желаемом напряжении. В представленном здесь варианте совокупная емкость имеет следующее выражение:

$$C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

и энергия, аккумулируемая одним зарядом в этой системе, равна

$$\frac{1}{2} P^2 \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

Тогда $P = p_1 + p_2$ (1)

и $\frac{1}{2} p_1^2 C_1 + \frac{1}{2} p_2^2 C_2 = \frac{1}{2} P^2 \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$,

а отсюда $p_1 C_1 = p_2 C_2$ (2)

и $p_1 = \frac{P C_2}{C_1 + C_2}; p_2 = \frac{P C_1}{C_1 + C_2}$. (3)

Предположим, что процесс будет протекать таким образом, что C_1 сначала заряжается до полного потенциала P , а затем цепь размыкается и заряд

распределяется на два конденсатора. C_2 как конденсатор связан с генератором колебаний, в то время как C_1 является регулирующим конденсатором, тогда, поскольку

$$\frac{1}{2} P^2 C_1 = \frac{1}{2} p_1^2 C_1 + \frac{1}{2} p_2^2 C_2 C_1 (P^2 - p_1^2) = C_2 p_2^2, \text{ или } p_2^2 = \frac{C_1}{C_2} (P^2 - p_1^2)$$

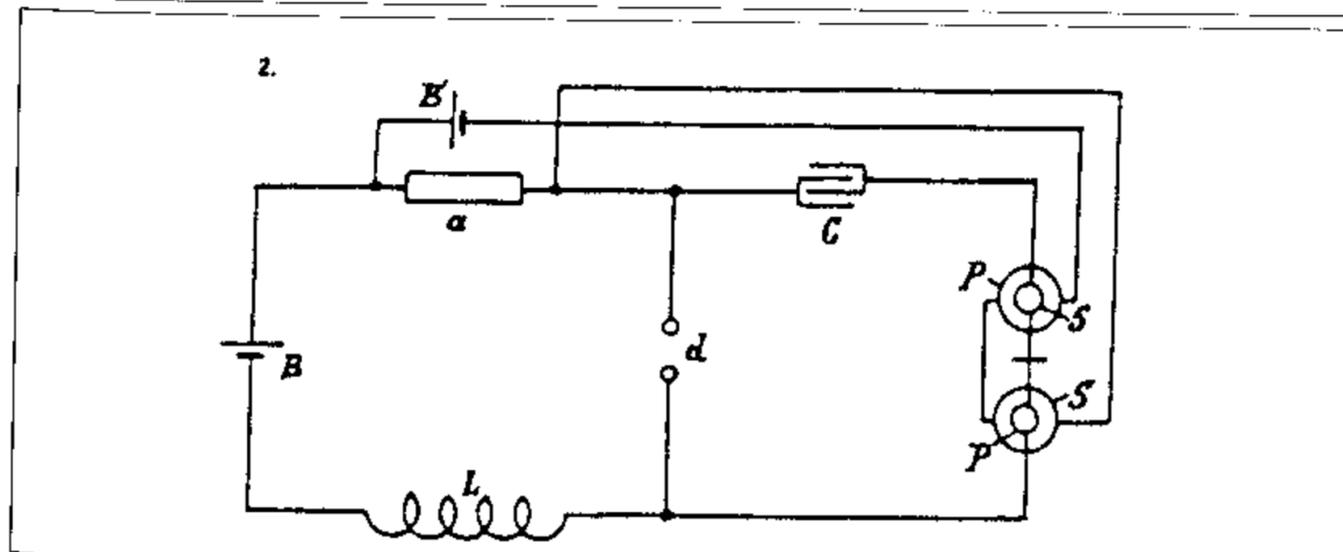
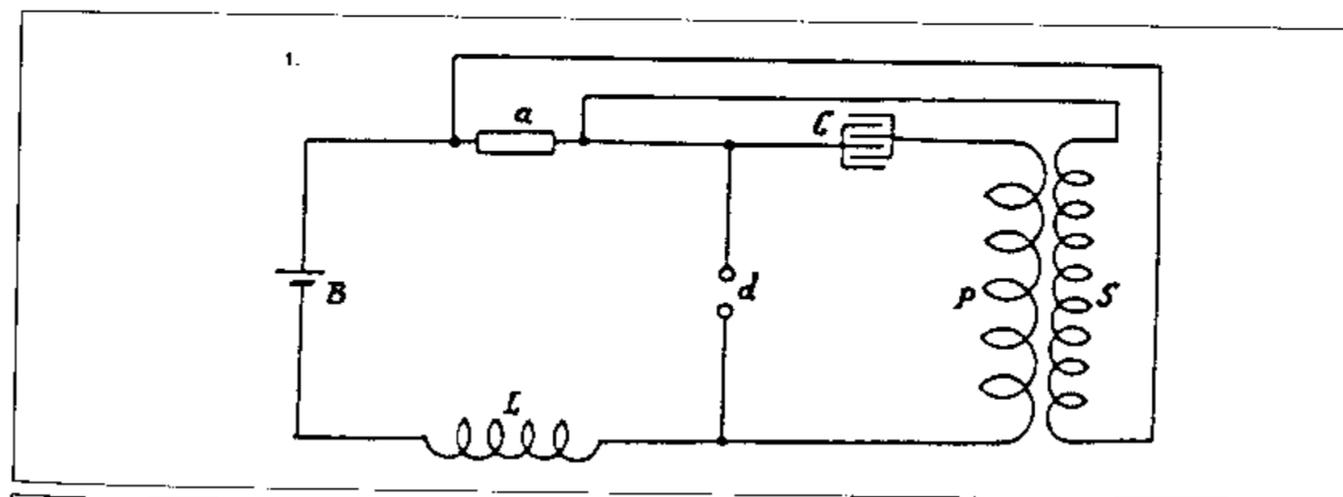
есть искомое напряжение на конденсаторе C_2 .

Колорадо-Спрингс

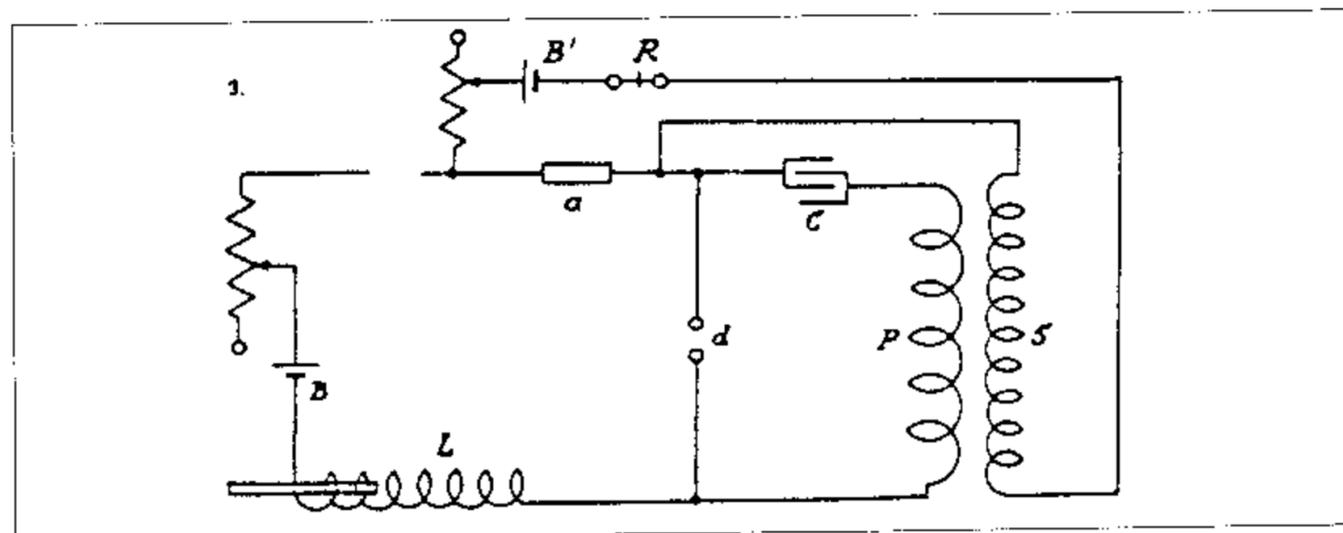
3 августа, 1899

Эксперименты с использованием приема самовозбуждения в модификациях установки, в основе которых заложен конденсаторный метод усиливающего действия

В этом примере чувствительное устройство приобретает кумулятивные свойства не только как в некоторых других вариантах, но в большей степени

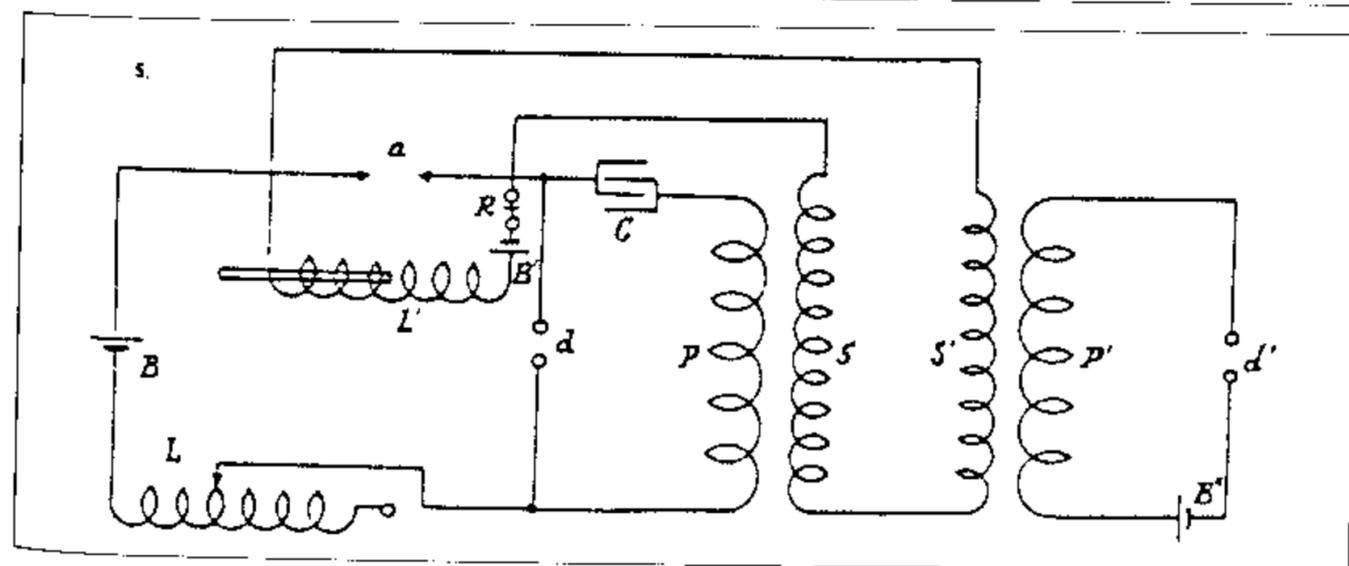
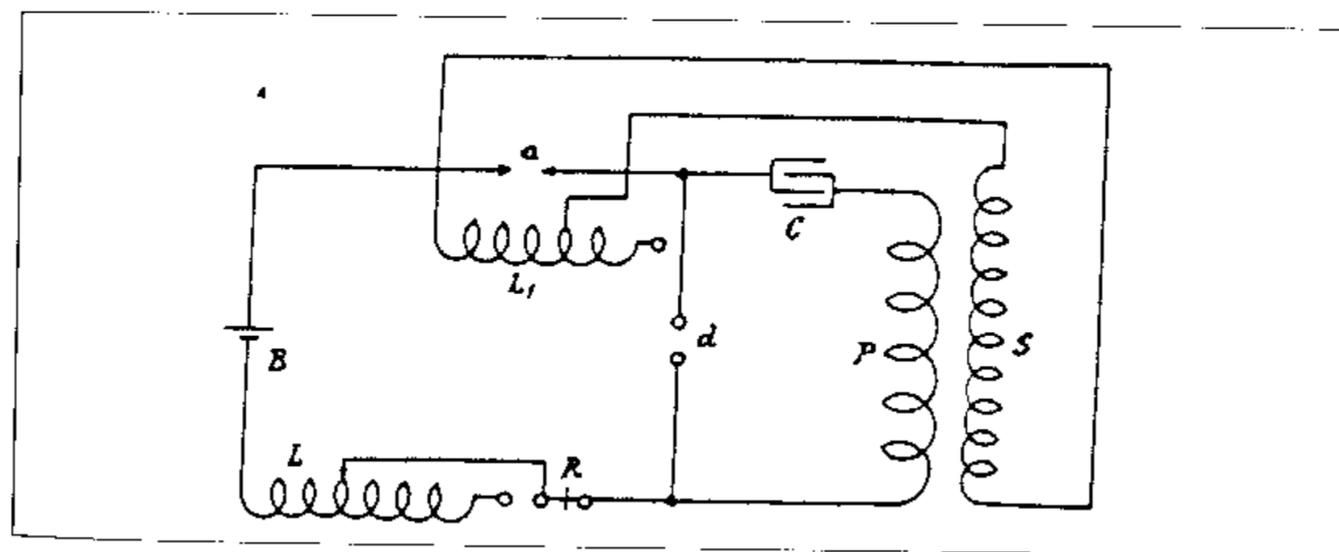


благодаря процессу, сравнимому с самовозбуждением динамо-машины. Таким образом, значительно более слабые первичные проявления оказываются достаточными, чтобы заставить чувствительное устройство среагировать, а приемник функционировать. Процесс, осуществляемый таким путем, определенно найдет много полезных применений. Некоторые схемы экспериментально опробованные, описаны ниже. Они не требуют пояснений. Буквенные обозначения делают схему 1 совершенно понятной, если исходить из предыдущих схем такого рода: a — чувствительное устройство, d — коммутационное устройство, C — конденсатор, P — первичная обмотка и S — вторичная обмотка осциллирующего трансформатора, B — батарея и L — катушка индуктивности, настроенная надлежащим образом. Применяемое обычно чувствительное реле может находиться в цепи вместе с батареей B , катушкой индуктивности L и устройствами d и a ; или же оно и устройство a могут находиться в цепи вторичной обмотки S и в таком случае эта цепь будет иметь дополнительную батарею. В таких цепях есть также обычные регулируемые сопротивления для настройки приборов и обеспечения наилучшей работы. Из схемы легко понять, что, когда устройство a реагирует поначалу очень слабо, конденсатор получает большой заряд, и токи вторичной обмотки, в свою очередь, возбуждаются сильнее вместе с чувствительным устройством, и так продолжается до тех пор, пока это устройство не пробьется и его сопротивление значительно не уменьшится так, что реле сработает. Этот метод оказался превосходным и, кроме телеграфии, он найдет немало полезных применений, поскольку с его помощью явления, слишком слабые, чтобы быть зафиксированными иными способами, можно значительно усилить, с тем чтобы они приводили в действие любой желаемый аппарат. Ниже представлен ряд вариантов компоновок, с которыми проводились эксперименты. Что касается приводимой здесь схемы на чертеже 2, она идентична схеме на чертеже 1, но только реле выполняет роль трансформатора, и в ней надлежащим образом определена пропорциональная зависимость между прерывателем и конденсатором, а сверху в первичной обмотке PP намотаны витки вторичной обмотки SS из тонкого прово-



да, имеется также батарея B' . Вторичная обмотка возбуждает чувствительное устройство a , пока оно не сработает, после чего включается реле. Эта схема не самая предпочтительная для применения, поскольку лучшие результаты будут получены с самостоятельным трансформатором и реле, но ее отличают компактность и простота. Впрочем, ее можно еще более упростить, исключив катушку индуктивности L .

Батареи B и B' могут дополнять одна другую в воздействии на чувствительное устройство a или противодействовать друг другу. Первое предпочтительнее. У конденсатора должна быть большая емкость. На чертеже 3 показан способ соединения, оказавшийся наиболее удобным в экспериментировании. Здесь используется независимое чувствительное реле и настраиваемые балластные сопротивления r и r' в первичной и вторичной цепях. Катушка индуктивности L может быть отрегулирована, имеется и прерыватель d , хотя и не показан на схеме. На чертеже 4, с другой стороны, представлена схема, которая окажется подходящей, когда вместо чувствительного устройства, которое описано выше, и действие которого основано на свойствах мельчайших проводящих частиц, применяется малый зазор a .

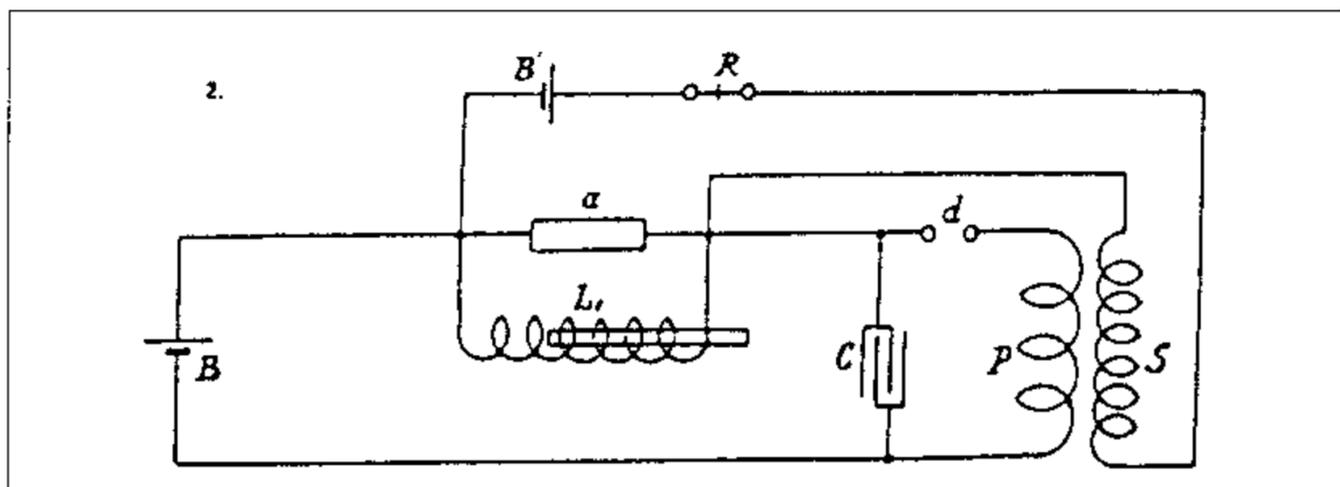
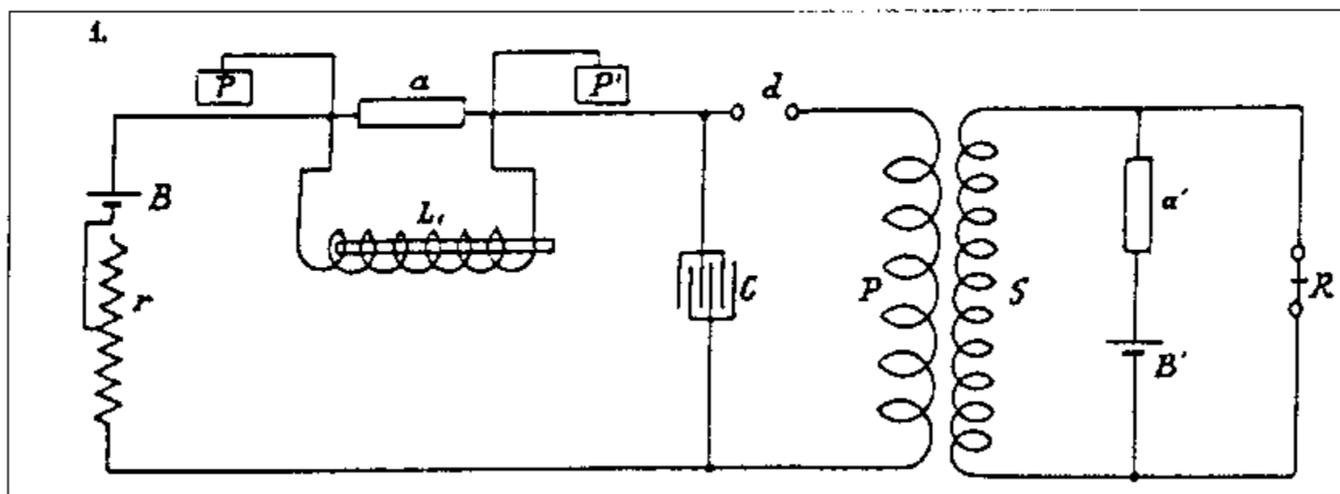


Это особое устройство представляет собой два заостренных контакта, почти касающихся друг друга и находящихся в газовой или иной среде, изолирующие свойства которой снижены до такой степени, что она легко пробивается при незначительном повышении электрического напряжения. Дополнительная настраиваемая катушка индуктивности L_1 в схеме моста заряжает малыми токами конденсатор C , чтобы обеспечить возбужденное состояние устройства a . Реле R можно разместить по-другому. В заключение, на чертеже 5 представлен вариант с добавочной катушкой индуктивности $P'S'$, B'' и d' , последний является прерывателем цепи и возбуждает устройство a с помощью токов, генерируемых во вторичной цепи S' . Во всем остальном эта схема не требует пояснений. Как отмечено выше, реле можно установить иным образом.

Колорадо-Спрингс

5 августа, 1899

Продолжение экспериментов с применением конденсаторного метода усиления полезного эффекта. Описание следующих вариантов

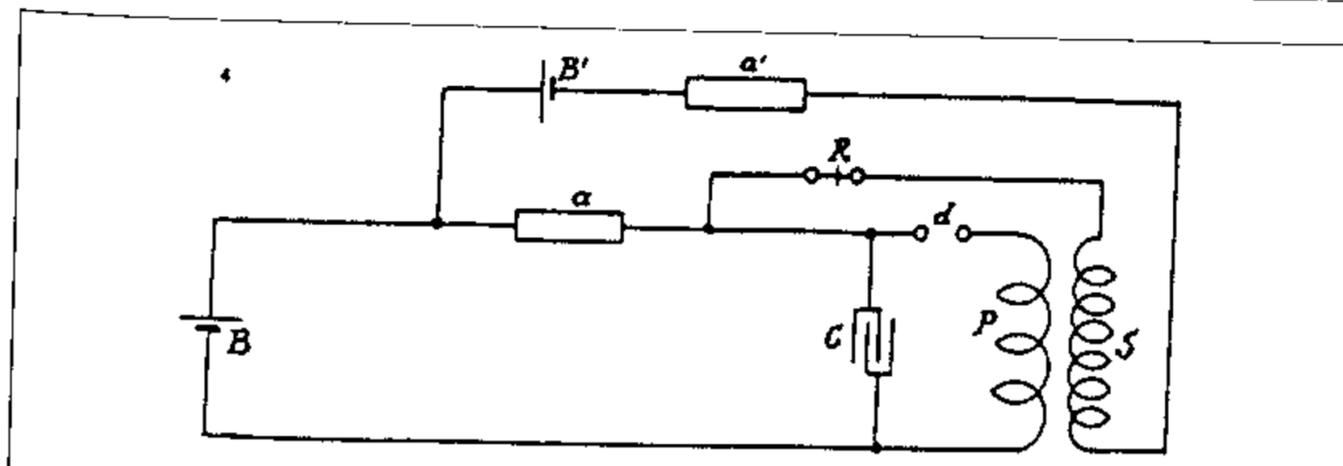
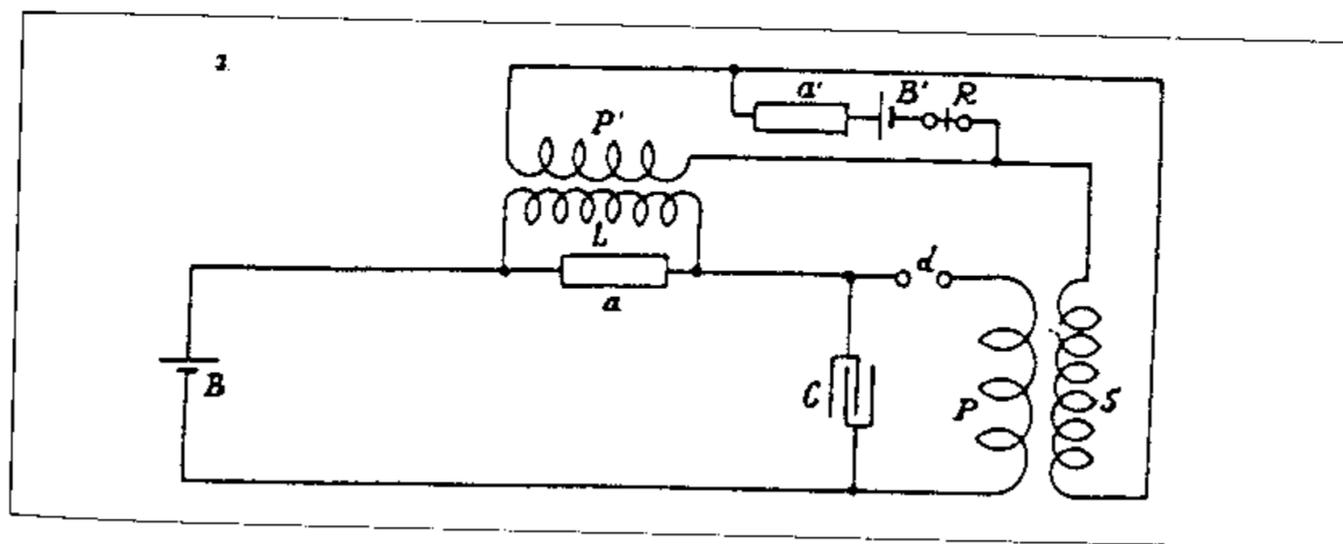


На схеме 1 сопротивление, предпочтительно индуктивное, помещено около чувствительного устройства a для регулирования заряда конденсатора C и, таким образом, определения степени возбуждения устройства a' во вторичной обмотке трансформатора. Регулируемое сопротивление r служит для управления возбуждающего воздействия батареи B на устройство a . Зажимы, или пластины pp' занимают соответствующее положение в среде или средах, обычно один в воздухе, другой в земле. Во всем остальном схема легко читается.

На схеме 2 второе чувствительное устройство исключено, и от вторичной обмотки S идет соединение в обход чувствительного устройства a . Другие приборы, в частности, настраиваемые сопротивления, также не показаны ради большей ясности.

На схеме 3, катушка L замкнута на вторичную обмотку другой катушки, которая питается от первичной обмотки колебательного трансформатора PS , при этом работа последнего регулируется чувствительным устройством a .

На схеме 4 представлено устройство, аналогичное предыдущему, и здесь вторичная обмотка S обходит чувствительное устройство a , и к ней подключены



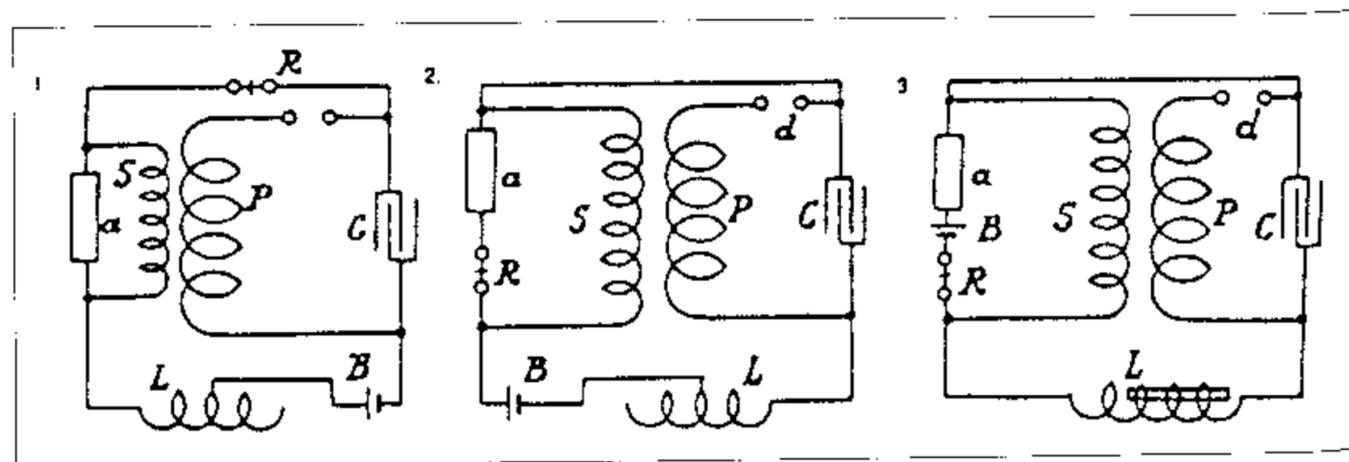
еще одно чувствительное устройство *a*, реле и батарея, другое оборудование здесь не показано по указанным выше причинам.

Колорадо-Спрингс

6 августа, 1899

Эксперименты с применением конденсаторного метода
усиления полезных эффектов. Описание новых
экспериментальных компоновок

Представленные здесь три схемы иллюстрируют различные варианты упоминавшейся ранее портативной формы аппарата. Обратимся к схеме 1, где чувствительное устройство *a* представляло собой небольшую стеклянную трубку с двумя металлическими заглушками, которая вращалась с помощью Томасовского часового механизма. В трубку были помещены изготовленные описанным выше способом крупные никелевые опилки. Их свойства улучшались после очистки опилок сначала разбавленной кислотой и щелочным раствором и дисциллированной водой и, наконец, спиртом. В первом аппарате заглушки находились на расстоянии $1/8$ " , диаметр заполненной наполовину трубки $- 1/4$ ". Конденсатор емкостью в $1/2$ мкФ, один из двух применявшихся ранее. *L*, *S*, *P* и *d* те же, что были описаны по другому поводу. Были получены хорошие результаты. В схеме 2 те же самые устройства использовались несколько по-иному, что видно из самой схемы. Приемник *R* был подключен последовательно к устройству *a*, чтобы работа прерывателя *d* не оказывала на него сильного влияния. Этот вариант выглядел более подходящим и дал весьма удовлетворительные результаты. В схеме 3 представлены дальнейшие усовершенствования всё тех же устройств. Точно сбалансированный рычаг приемника *R* слабо реагировал на резкую работу прерывателя, благодаря чему натяжение становилось устойчивым и давало возможность осуществить



более точную настройку. Теперь результаты были в высшей степени удовлетворительными. Одного сухого элемента Лекланше вполне достаточно.

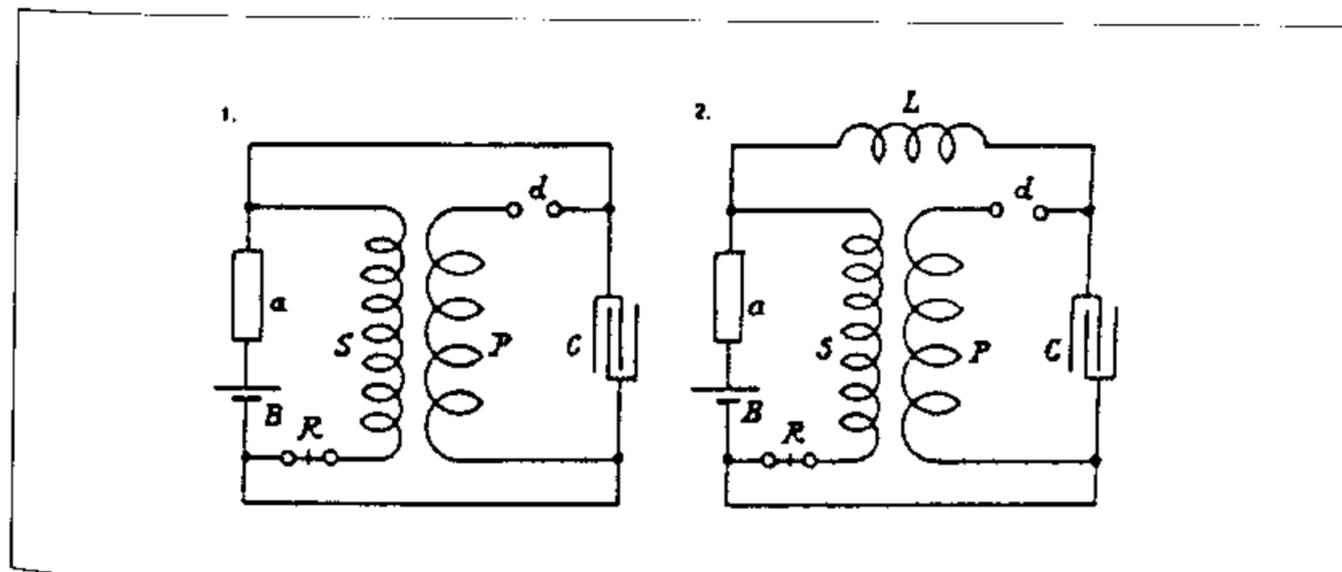
Явление стоячих волн в водопроводной трубе.

Колорадо-Спрингс

7 августа, 1899

Некоторые из экспериментально опробованных размещений в аппарате, в которых вторичная обмотка осциллирующего трансформатора использовалась для возбуждения чувствительного устройства, показали гораздо лучшие результаты и, по-видимому, повышенная чувствительность обусловлена, по крайней мере отчасти, тем обстоятельством, что один вывод вторичной обмотки, соединенной с чувствительным устройством (которое в невозбужденном состоянии имеет сопротивление около 100 000 ом или более), практически разомкнут, вследствие чего, при малейшем возмущении может беспрепятственно произойти скачок напряжения и пробить изоляцию прибора. Для более глубокого исследования способности таких компоновок было опробовано огромное количество вариантов, некоторые из них приводятся ниже.

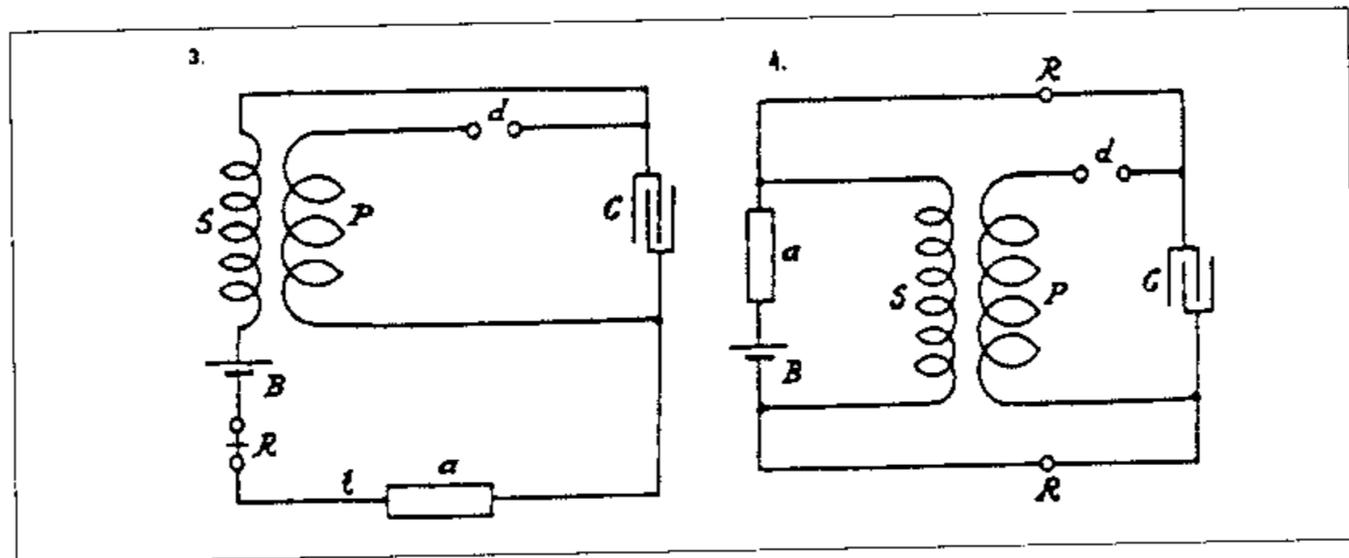
В первой схеме вторичная обмотка *S* была замкнута на конденсатор *C*, слишком большой для нее, и для компенсации этого недостатка и по иным соображениям была подключена катушка индуктивности *L* (очень большая) (2). Далее решили применить способ размещения, который показан в схеме 3. На этот раз вывод вторичной обмотки или его продолжение, доходящее до *t*, был не замкнут или заканчивался в устройстве *a* — по крайней мере фактически это так и [вся] установка имела более высокую чувствительность, когда вторичная обмотка имела большое количество витков; выяснилось, что батарею *B* и приемник *R* лучше всего разместить между другим концом вторичной



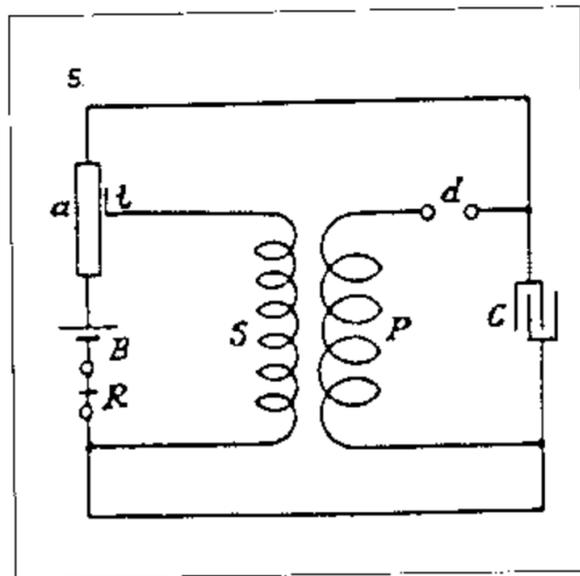
обмотки и соответствующим выводом конденсатора, но когда во вторичной обмотке не было такого количества витков, установка работала эффективнее с батареей и реле, помещенными, как показано в схеме 3, поскольку они вызывали определенный подъем — благодаря емкости и индуктивности — электрического напряжения на зажиме t чувствительного устройства.

Модификация 2-й схемы показана в 4-й схеме. В этом варианте катушка индуктивности L была заменена реле RR , выводы катушки которого подключены к выводам конденсатора, как это видно из схемы. Так как реле имели очень большое число витков и высокое сопротивление — почти 1000 ом, вторичная обмотка становилась, практически, разомкнутой и не влияла на работу чувствительного устройства.

В некоторых экспериментах отмечалось, что такое устройство становится более чувствительным и реагирует на слабые возмущения в том случае, когда оно возбуждается не при непосредственном соединении с источником,



а начинает реагировать под воздействием источника, находящегося на некотором расстоянии. В некоторых случаях аппарат срабатывал, и реле реагировало на небольшой колокол с большого расстояния. Вероятно, повышенная чувствительность объясняется определенной свободой, или сыпучестью, применявшихся никелевых крупинок, которая не проявляется в такой степени при непосредственном подключении к батарее. Эти наблюдения привели к исследованию способностей некоторых установок такого типа, один из этих ва-



риантов показан на схеме 5, где прибор возбуждается под воздействием индукции.

Колорадо-Спрингс

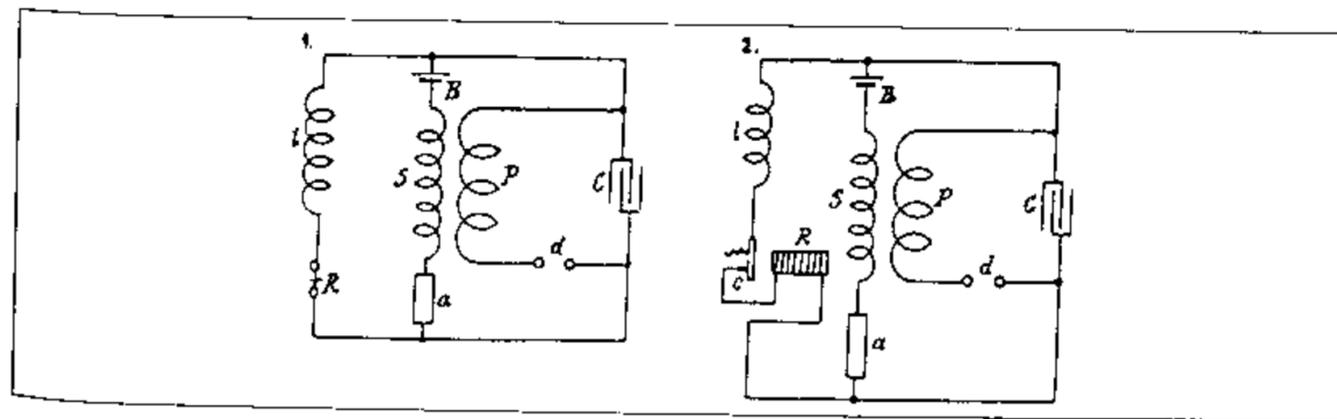
8 августа, 1899

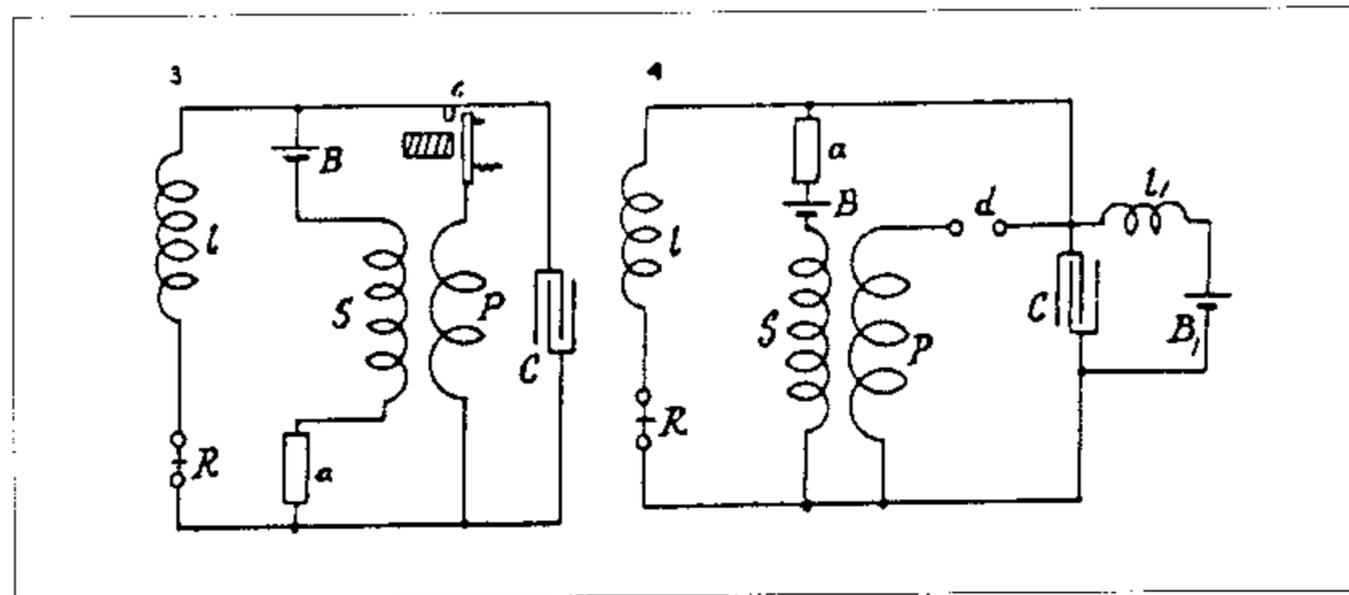
Другие способы соединения [компонентов] аппарата с применением незамкнутой вторичной обмотки в рабочем режиме для возбуждения чувствительного устройства

Так как в некоторых предыдущих экспериментах высокочувствительное реле реагировало на прерыватель d , реле с регулируемым высоким омическим или индуктивным сопротивлением l , было помещено в особую ветвь цепи. Более того, оказалось, что, когда чувствительное устройство отрегулировано очень точно, у него зачастую не происходит достаточно быстрой потери возбужденности при вращении (в тех случаях, когда применялся вращающийся цилиндр, с которым ранее часто проводились эксперименты), но оно всегда утрачивало возбужденность, когда происходил разрыв аккумуляторной цепи. Решили опробовать размещение (схема 2), в котором реле R было отрегулировано так, чтобы прерывать аккумуляторную цепь путем размыкания контакта C , который был устроен таким же образом, как в обычном звонке или зуммере с тонкой пружиной, с тем чтобы реле могло замкнуть контакт внизу (не показан на схеме), приводя в действие печатный аппарат или другой электроприбор.

Обошлись, однако, без нижнего контакта, применив соединение в обход контакта c в виде цепи с очень высоким сопротивлением, в которую входило еще одно высокочувствительное реле, приводившееся в действие всякий раз, когда рычаг реле R притягивался к якорю.

Вместо часового механизма с прерывателем, о котором говорилось выше, применили обычный магнитный выключатель с контактом для того, чтобы приводить в действие первичную обмотку P и таким образом генерировать во

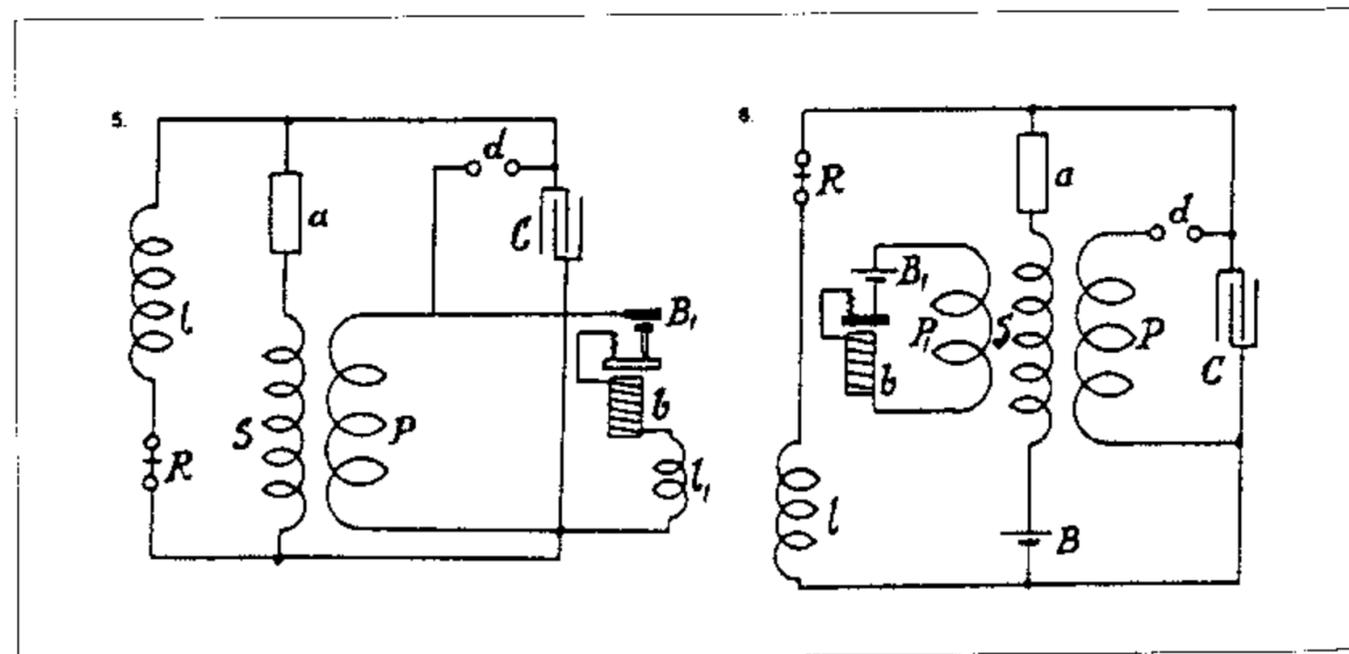




вторичной обмотке S токи, возбуждающие устройство a . Эта простая компоновка показана на схеме 3. Чтобы обеспечить электризацию конденсатора и, следовательно, чувствительного устройства до заданного уровня, были исследованы всевозможные схемы, некоторые из которых приводятся ниже.

В схеме 4, например, где сопротивление устройства a в невозбужденном состоянии было, практически, бесконечно большим, еще одна батарея B_1 с катушкой индуктивности L_1 была помещена в обход конденсатора для электризации последнего, а через воздействие вторичной обмотки S также и чувствительного устройства a .

В свою очередь, в схеме 5 к выводам первичной обмотки P была присоединена батарея B_1 последовательно с зуммером b и регулируемой катушкой индуктивности L_1 . Последняя была настроена таким образом, чтобы наведенные токи в S создавали напряженность устройства a до состояния его



пробоя. Была испытана еще одна подобная схема, в которой отдельная цепь, включающая в себя катушку P_1 , батарею B_1 и зуммер b_1 была помещена на соответствующем расстоянии от вторичной обмотки S так, что в результате происходило предварительное возбуждение.

Колорадо-Спрингс

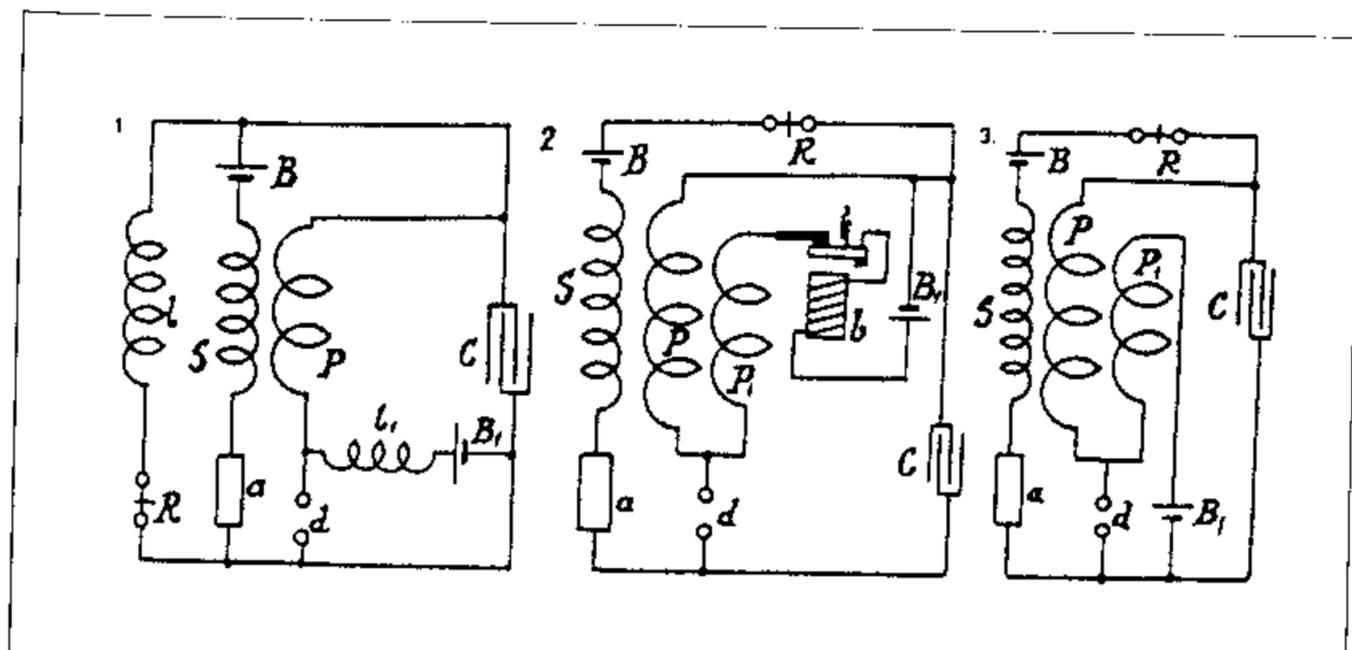
9 августа, 1899

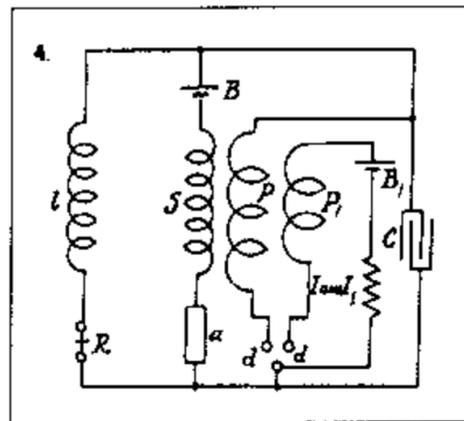
Экспериментирование с другими способами размещения в установке

Применили вариант одной из описанных ранее схем, представленный под номером 1. Батарея B_1 , осуществлявшая предварительное возбуждение током, была помещена таким образом, как показано, с тем чтобы ток проходил через первичную обмотку P , действуя совместно с основной батареей B .

Вариант 2 иллюстрирует размещение, сходное с тем, которое уже было опробовано экспериментально ранее и к которому добавлен лишь зуммер b и дополнительная батарея B_1 , соединенные последовательно, в нем применялась регулируемая первичная обмотка P_1 . В эту компоновку были внесены изменения, и результат показан в схеме 3. В этом варианте планировалось использовать один и тот же прерыватель для обеих первичных обмоток P и P_1 . Ни одна из этих схем (2 и 3), казалось, не могла привести к таким результатам, которые с легкостью достигались при использовании некоторых предыдущих компоновок. Эти эксперименты доказали, что наиболее удачным решением являлось модифицирование схемы 3 в ее вариант, представленный в схеме 4.

В этом случае предусматривается наличие прерывателя с двумя контактами, который одновременно замыкает и размыкает и основную первичную





обмотку P , и дополнительную первичную обмотку P_1 . В дополнительную цепь P_1 с целью регулировки включено сопротивление r или катушка индуктивности l .

Колорадо-Спрингс

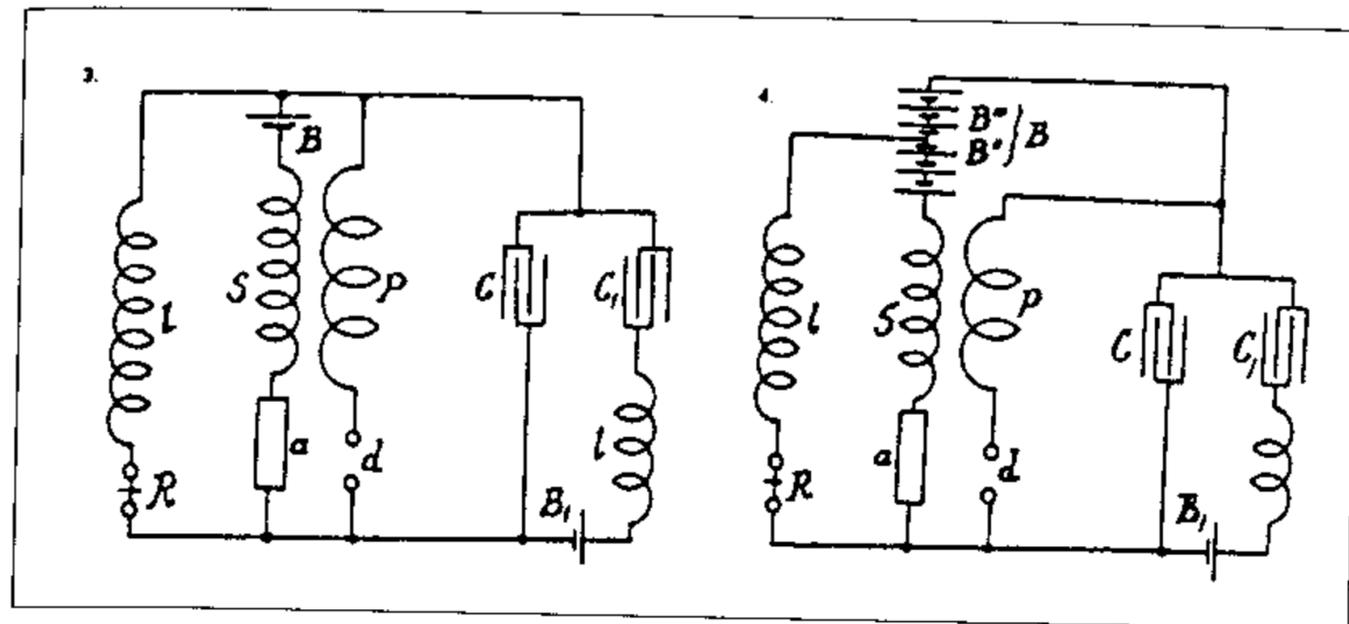
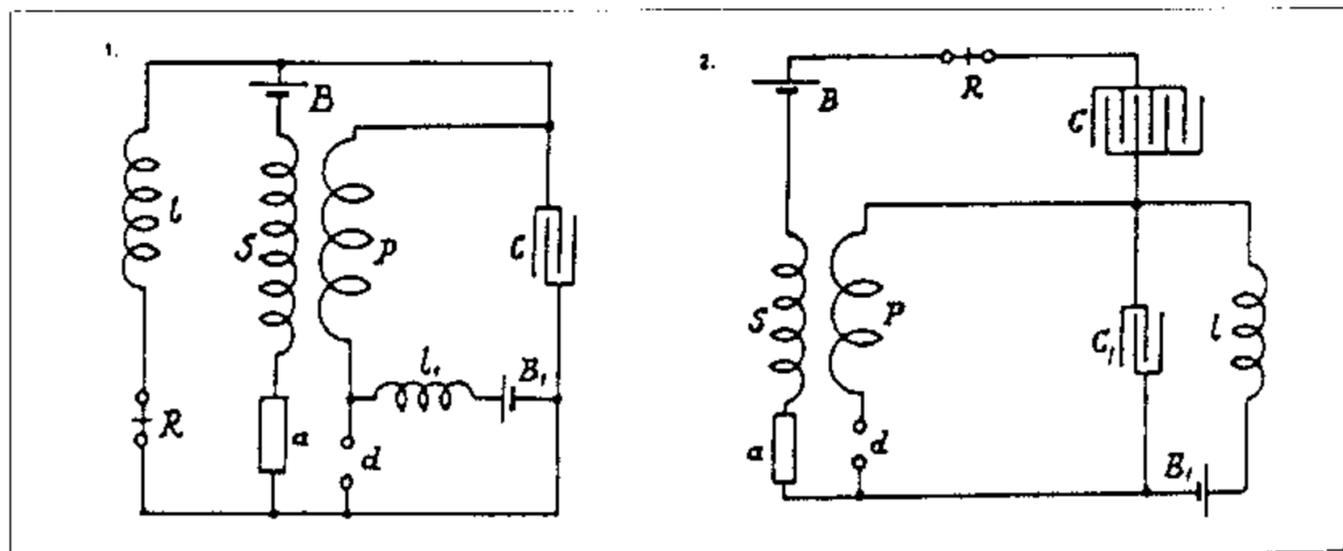
10 августа, 1899

Дальнейшие модификации экспериментального аппарата

Была собрана схема, представленная здесь под номером 1, с целью выяснения, удобно ли осуществлять начальное возбуждение путем шунтирования прерывателя цепью, включающей в себя очень точно настроенную катушку индуктивности l и батарею B_1 . Это сработало весьма неплохо.

Чтобы избежать определенного рода недостатков, проявившихся в предыдущих вариантах аппарата — например, постоянное замыкание конденсатора, — мы экспериментально опробовали ряд модификаций, основанных на применении двух конденсаторов. Некоторые из вариантов представлены ниже.

Во 2-й схеме два конденсатора C и C_1 размещены последовательно, при этом один из них шунтируется настроенной катушкой индуктивности l и батареей B_1 . Второй конденсатор C , больший, обеспечивает прохождение тока от батареи B через прерыватель и катушку l , когда устройство a находится



в состоянии возбуждения. Это не очень надежно. Модифицированная схема представлена в 3-й схеме. В этом случае дополнительная батарея B_1 заряжает два последовательных конденсатора C и C_1 , после чего один из них разряжается при помощи прерывателя d . Это неплохо.

В схеме 4 показана батарея (основная), помещенная таким образом, что конденсатор заряжается от высокой эдс, хотя ток, проходящий через чувствительное устройство, небольшой.

Колорадо-Спрингс

11 августа, 1899

Измерение емкости новых конденсаторов, изготовленных из бутылок для воды Манитон

За исключением трех емкостей, в которых находились бутылки из зеленого стекла, во всех остальных применялись бутылки из темного стекла. Проверка не выявила большой разницы между двумя видами стекла, и все резервуары оказались после их заполнения раствором и измерения одинаковой или почти одинаковой емкости. Сначала сравнили емкость большого количества бутылок с емкостью стандартного конденсатора в $1/2$ мкФ. Отклонения были почти в пределах $36 : 44.36^\circ$ для $1/2$ мкФ и 44° для бутылок. Следовательно, емкость последних составила $11/18 = 0.611$ мкФ. Поскольку бутылок было 576, среднее значение одной бутылки равно $11/18 \times 576 = 0.00106$ мкФ, или $0.00106 \times 9 \times 10^5 = 995$ см. Так как в каждом из резервуаров было 36 бутылок, мы делаем расчет для одного резервуара: $36 \times 0.00106 = 0.03816$ мкФ, или $36 \times 995 = 34380$ см. Так как на каждой стороне имеется 8 резервуаров, емкость каждой стороны может составить $0.03816 \times 8 = 0.30528$ мкФ, или

275040 см, а если, как это имеет место в большинстве случаев, две стороны соединены последовательно, суммарная емкость первичной обмотки будет равна $0.611/4 = 0.15275$ мкФ, или $0.15275 \times 9 \times 10^5 = 137475$ см. При работе с одним первичным витком, приняв индуктивность первичной обмотки за $7/10^5$ Гн, мы получаем

$$T = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{0.15275 \times \frac{7}{10^5}} = \frac{2.054}{10^5} \text{ и } n = 48700 \text{ в секунду.}$$

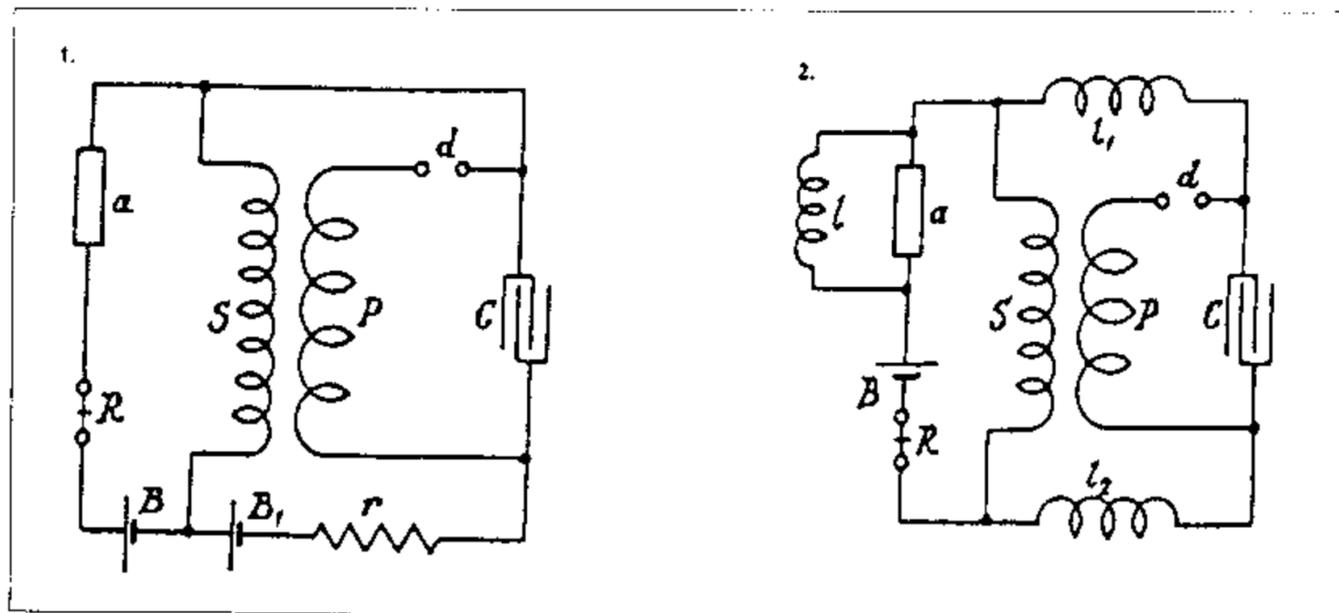
Другие модификации сигнализационной аппаратуры, опробованные экспериментально

Несколько способов обеспечения первичного возбуждения при использовании принципа колебательного трансформатора показаны на нижеследующих схемах:

На первой схеме возбуждение создается с помощью дополнительной батареи B_1 , мощность которой регулируется с помощью настраиваемого сопротивления (индуктивного или омического) r . Две батареи B и B_1 соединены таким образом, что создаются условия для поддержания напряженного состояния устройством a .

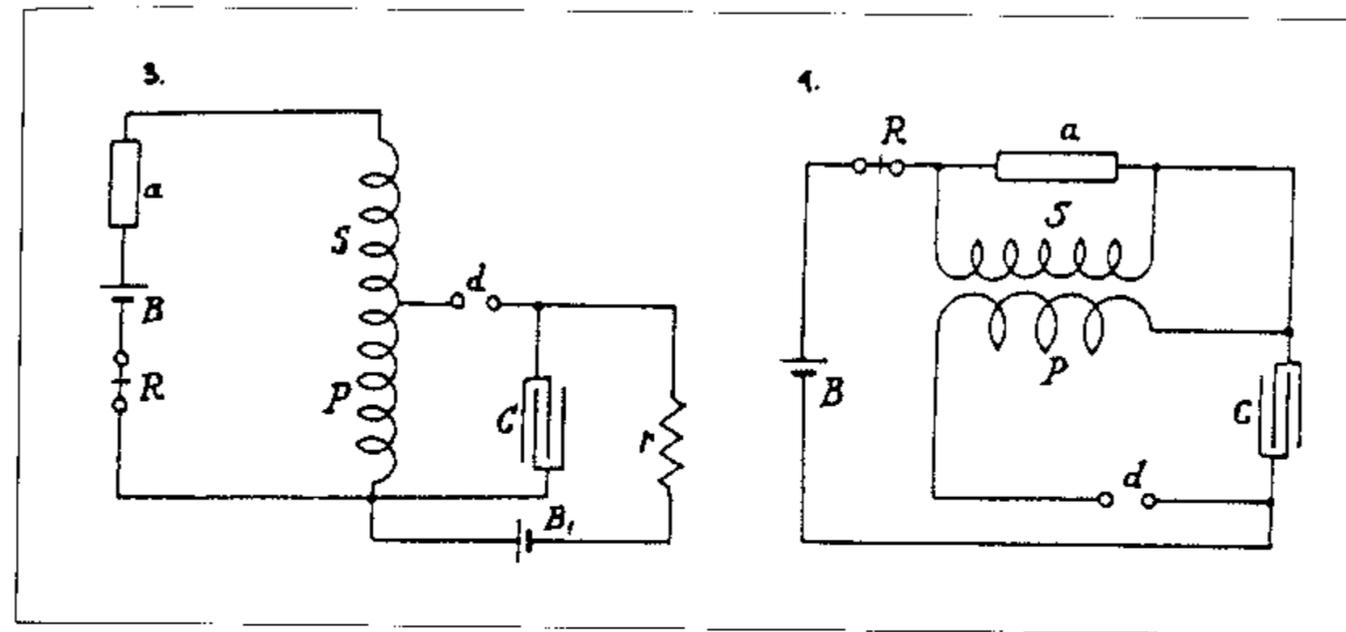
На схеме 2 очень высокое индуктивное сопротивление подключено в обход устройства a , и для предотвращения замыкания вторичной обмотки были также использованы катушки l_1, l_2 , а потенциал снижался благодаря сравнительно большому конденсатору C . Катушка индуктивности l , и катушки l_1, l_2 настроены.

Схема 3 представляет собой удобный для применения способ, в котором один слой вторичной обмотки намотан на каркас. Часть вторичной обмотки



замкнута таким образом, что может служить в качестве первичной, через посредство которой конденсатор C , заряжаемый до заданного значения от батареи B_1 (регулируемой сопротивлением r), выполняет функцию разряда. Этим способом легко отрегулировать воздействие вторичной обмотки на устройство a .

В схеме 4 представлен простой способ, который ранее был проверен в экспериментах и давал хорошие результаты. Работа будет продолжена.



Колорадо-Спрингс

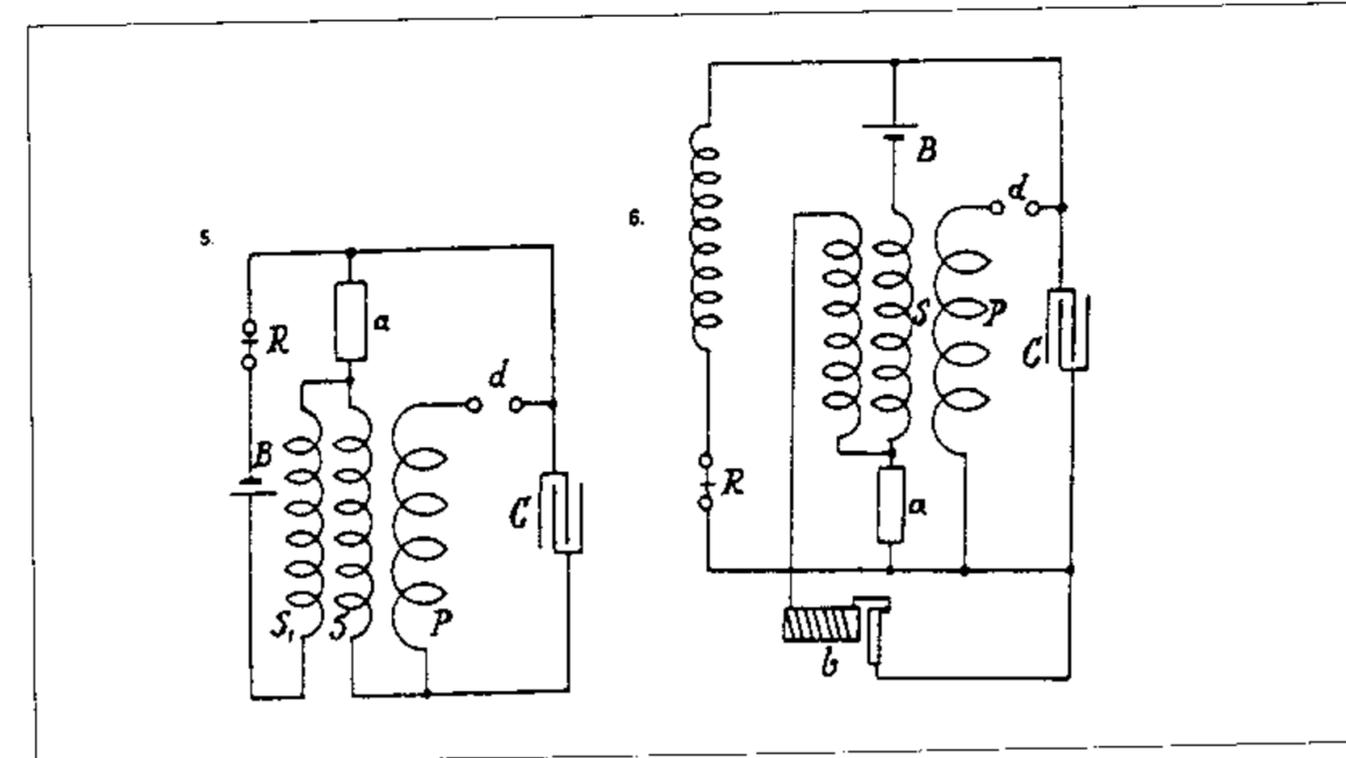
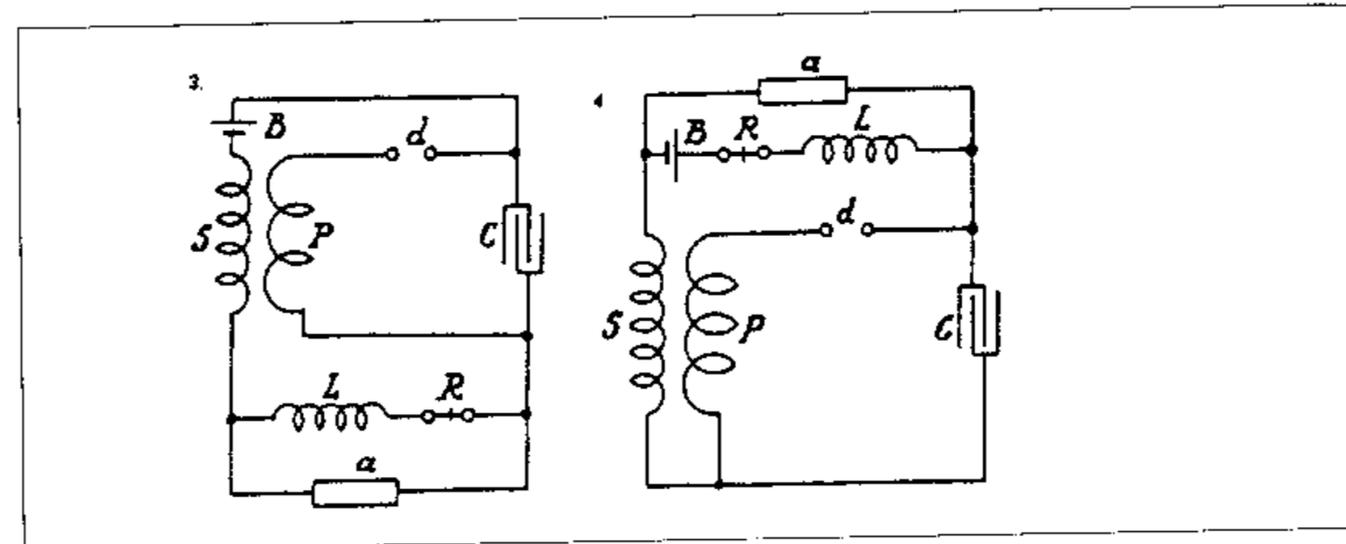
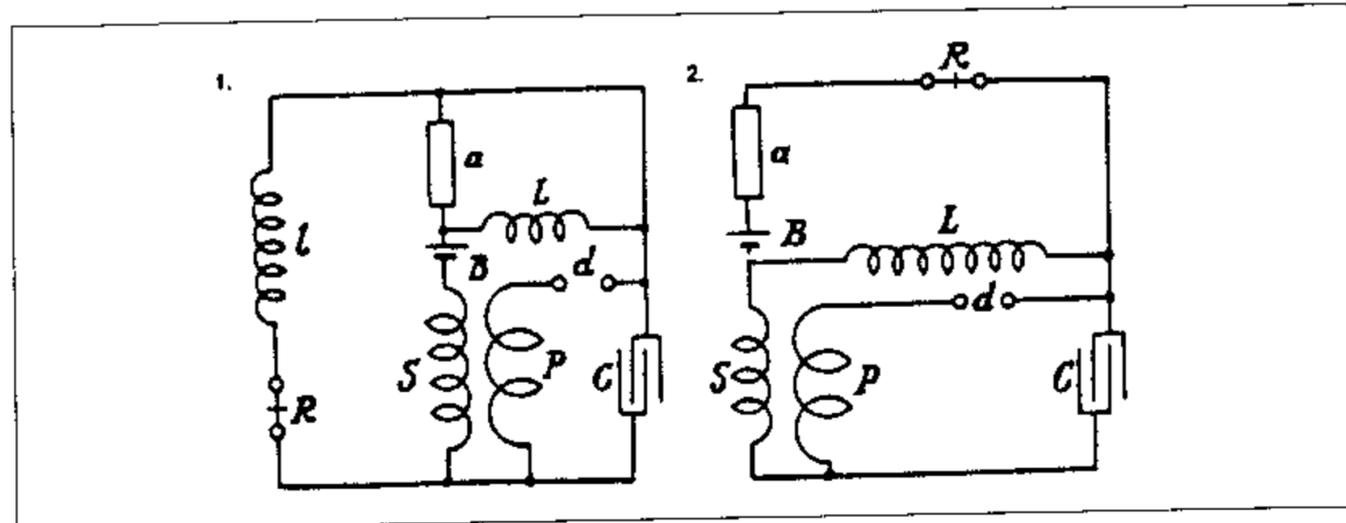
12 августа, 1899

Дальнейшие модификации сигнализационной аппаратуры

На схемах 1 и 2 показаны способы надежного обеспечения начального возбуждения посредством катушки L с очень высокой индуктивностью, подключенной, как показано.

Схемы 3 и 4 иллюстрируют сходные варианты соединения. В первом батарея B находится в основной цепи, во втором — в параллельной к устройству a .

На схемах 5 и 6 представлены другие варианты соединения. В 5-й дополнительная вторичная обмотка S_1 с батареей и реле подключена с обеих сторон от устройства a , которое возбуждается от основной вторичной обмотки S . В 6-й применяется сходное соединение, в которое включен автоматический прерыватель b , служащий для возбуждения устройства a посредством вторичной обмотки S .



Colorado Springs Aug. 12, 1899. 
 further modifications in signalling apparatus.

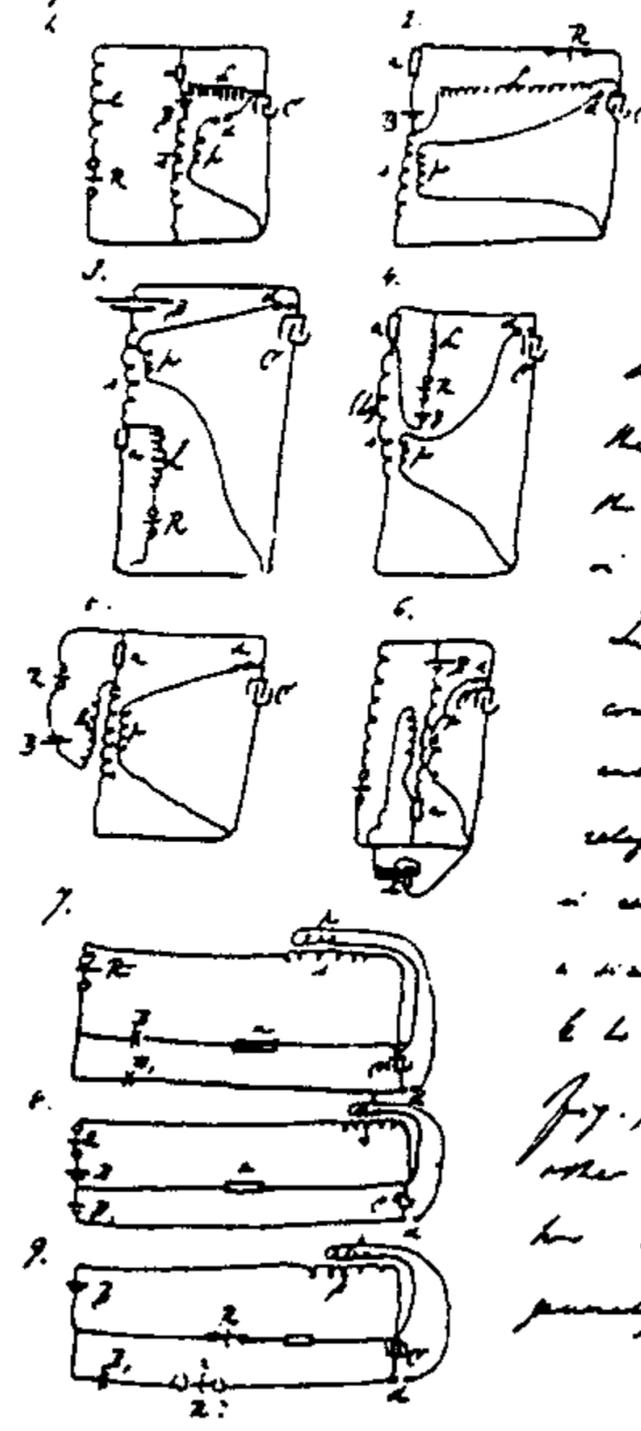
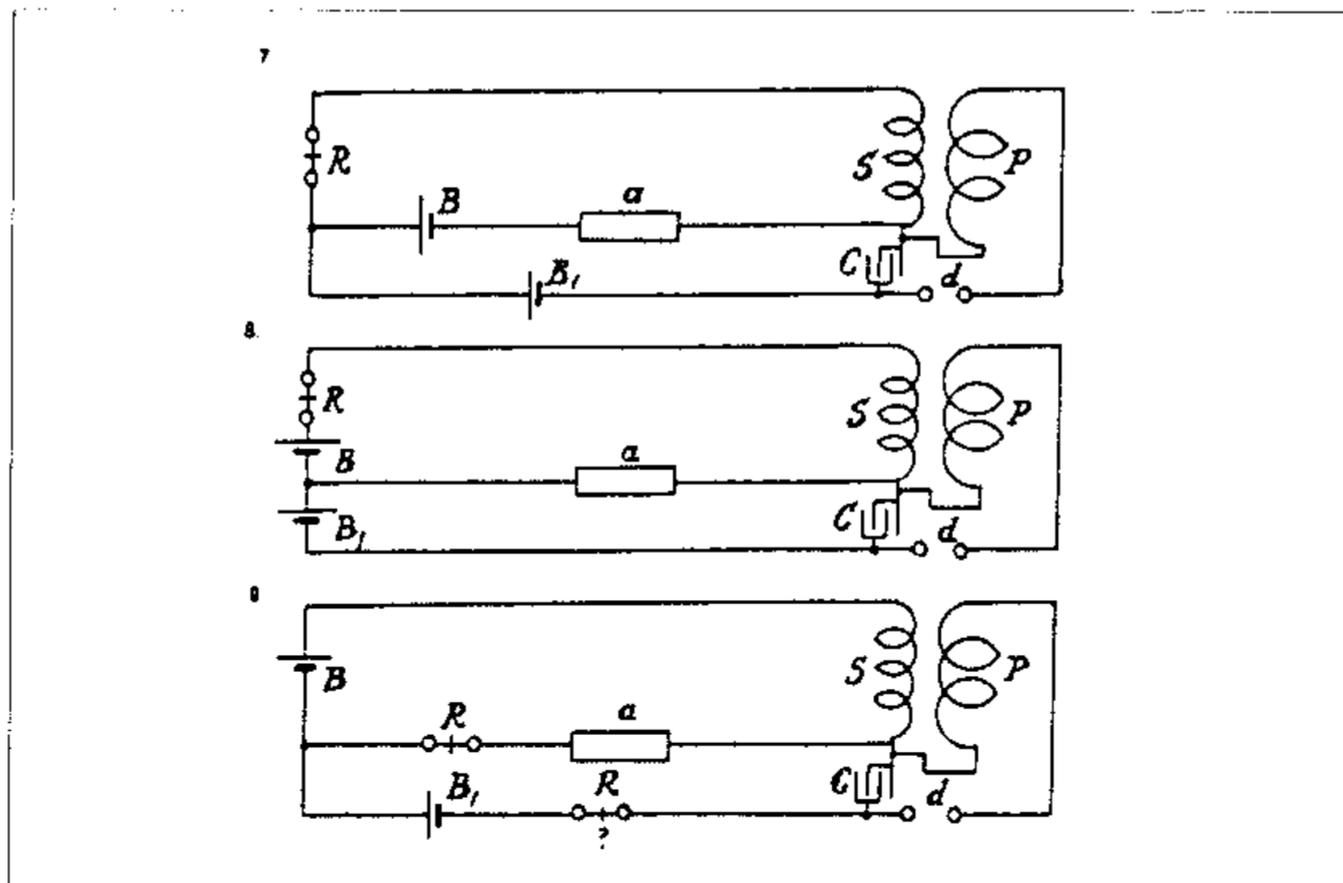


Fig. 1. and 2. show ways of making initial excitation by means of my type inductor. L conductor is shown.

The diagrams 3 and 4, illustrate similar plans of connection. In the former the battery B is in the main circuit, in the latter it is shunt to divide the current.

In fig 5. and 6. other methods of connection are shown. In 5 an exciting secondary S, with battery B, which is connected across terminals of the primary by means of secondary S. In 6, a similar connection is shown with a battery B to excite device through secondary S.

Fig. 7, 8, and 9 again illustrate other arrangements in which two batteries are employed in parallel to secure initial excitation.



Схемы 7, 8 и 9 иллюстрируют, в свою очередь, другие компоновки, в которых были использованы две батареи, одна, главным образом, для обеспечения начального возбуждения.

Колорадо-Спрингс

13 августа, 1899

Эксперименты с генератором с $35-35\frac{1}{2}$ витками. Напряжение на трансформаторе Вестингауза было 15000–22500 вольт. Питающие трансформаторы соединены на 100 вольт.

1 первичный виток, суммарное напряжение всех емкостей 15000 вольт, результаты указывали на то, что емкость слишком мала.

Чтобы убедиться в этом, мы использовали схему с двумя последовательными первичными витками и $\frac{1}{4}$ емкости (2 резервуара). Теперь емкость изменилась, но резонансные проявления остались умеренными. Все эксперименты явно демонстрировали слишком большую емкость и сравнительно малую индуктивность вторичного контура. В проводах происходит интенсивное движение энергии, но на выходе напряжение не возникает, как это было бы при отсутствии емкости.

При увеличении емкости на одном выходе результаты лучше, что подтверждает правильность этой точки зрения.

Один из шаров [диаметром] 38 см на выходе дает значительно лучшие результаты, искровые разряды на разрядниках гораздо мощнее.

С двумя шарами эффект усиливается: искровые разряды на разрядниках более интенсивные, но напряжение всё еще слишком мало. Требуется гораздо большая емкость на выходе, чтобы компенсировать внутреннюю емкость, распределенную по проводу.

Затем опять вернулись к одному витку, так как колебания при этом гораздо лучше. Подключили добавочную катушку и отрегулировали емкость. Наилучшие результаты получились при суммарной емкости $3\frac{2}{3}$ резервуара на каждой стороне. Пустой резервуар поместили на верх катушки в качестве емкости. 22500 вольт на трансформаторе Вестингауза – поразительные результаты! Стримеры очень яркого красного цвета, стремительный выброс на расстояние до 9 футов. Множество сверкающих искр достигали 10 футов.

Колорадо-Спрингс

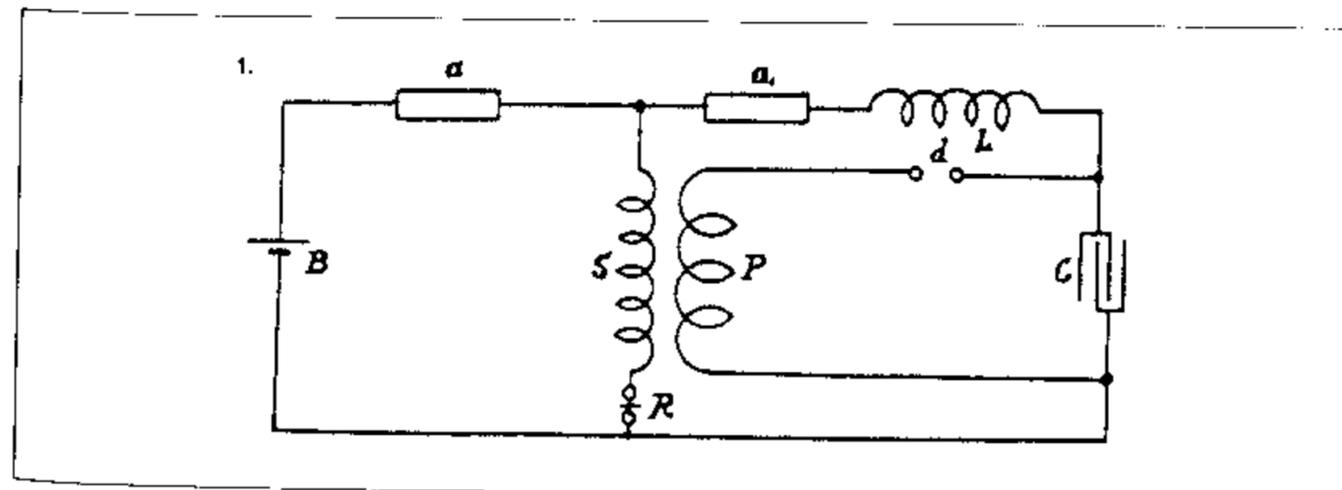
14 августа, 1899

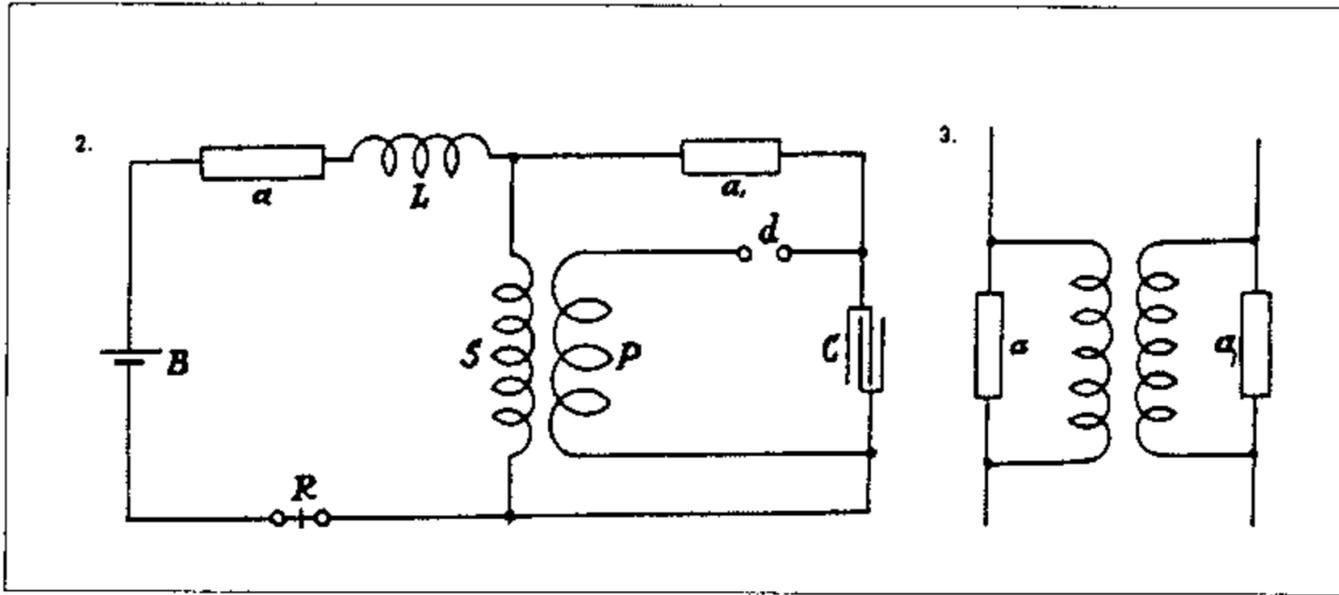
Пора размышлений окончилась, и сегодня экспериментально опробовали следующую схему расположения с двумя чувствительными устройствами.

Это размещение (1), хотя схема и работала сносно, имело тот недостаток, что уменьшение сопротивления устройства a не оказывало достаточно эффективного влияния на увеличение заряда конденсатора, но путем очень большого увеличения индуктивности и активного сопротивления вторичной цепи и реле этот дефект был в значительной мере исправлен.

При таком изменении схемы подключения, которое показано во втором варианте, конденсатор заряжался больше и эффективней после снижения сопротивления любого из двух устройств aa_1 .

Вывод, сделанный после многих экспериментов, которые, показали преимущества двух таких чувствительных устройств перед одиночным, состоит



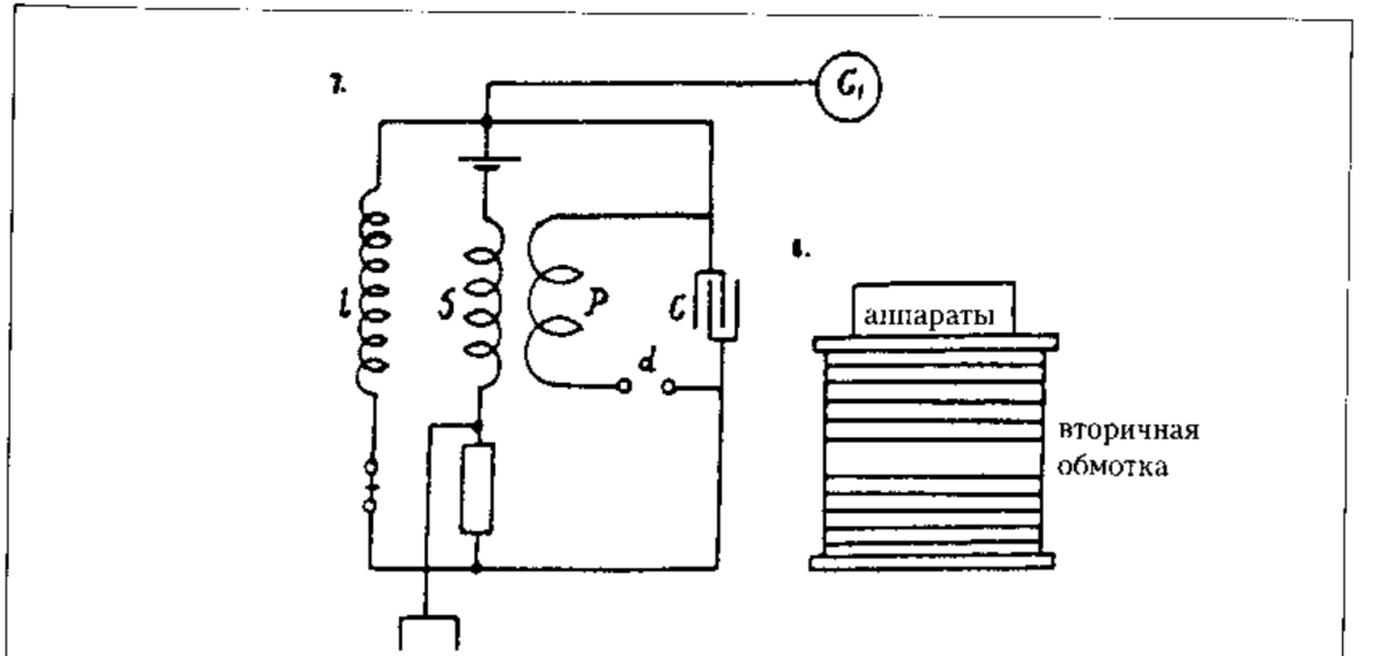
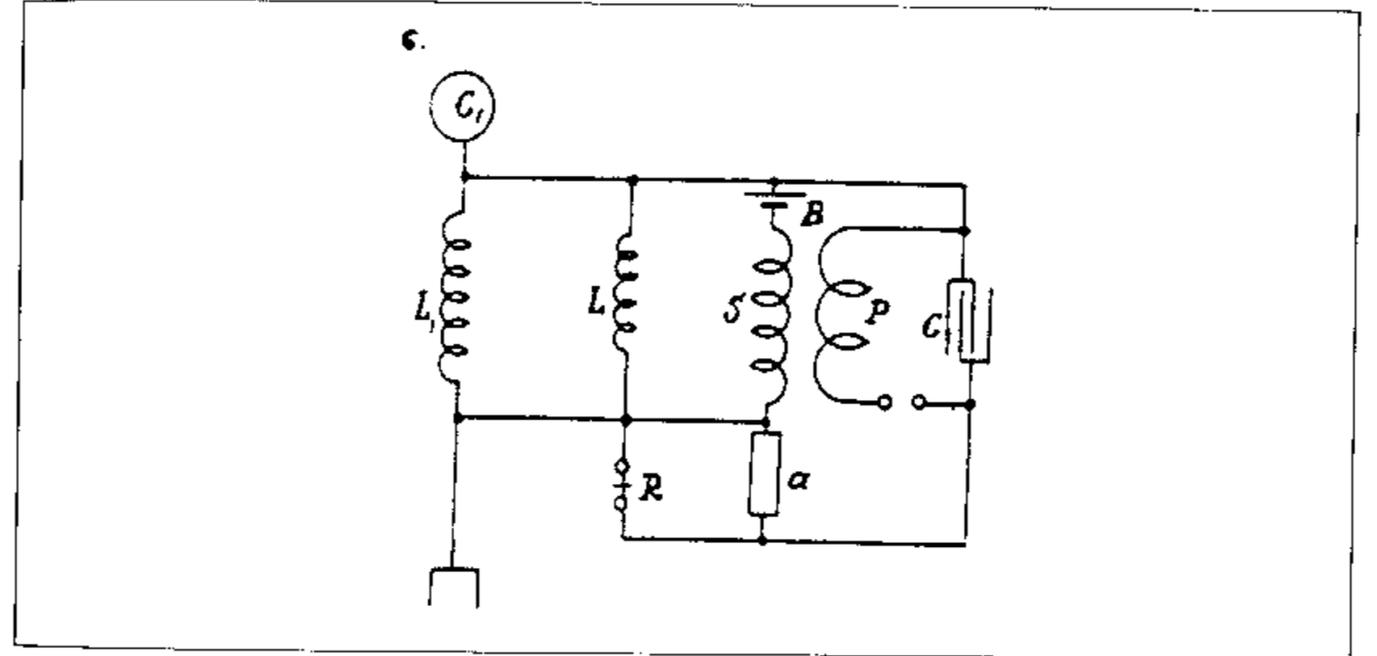
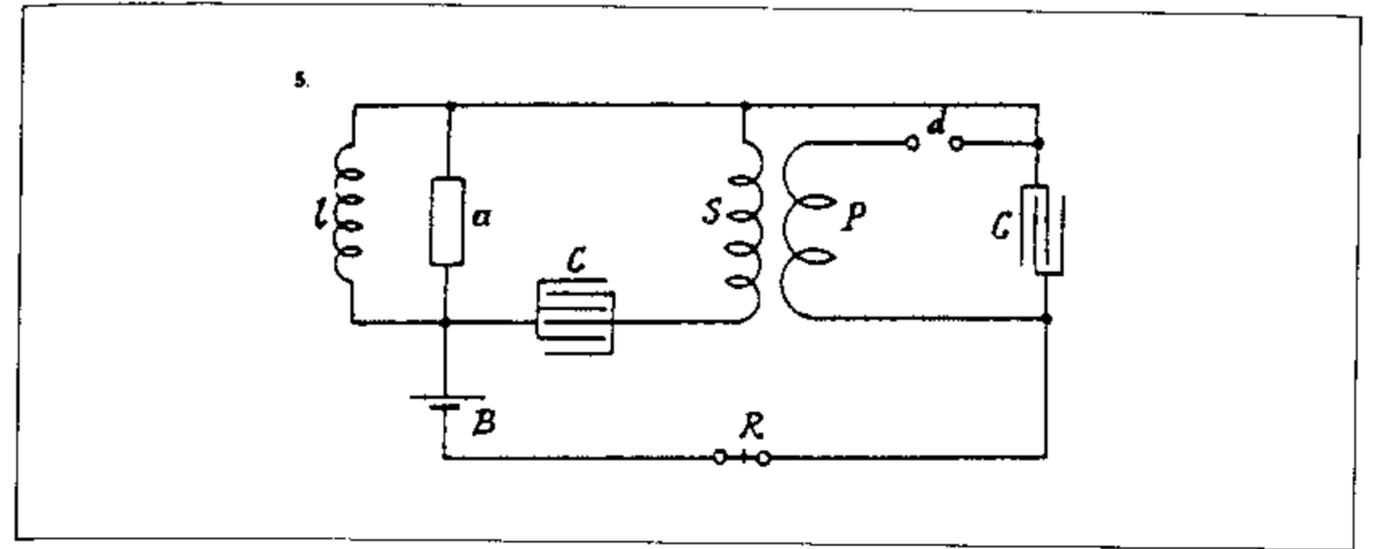
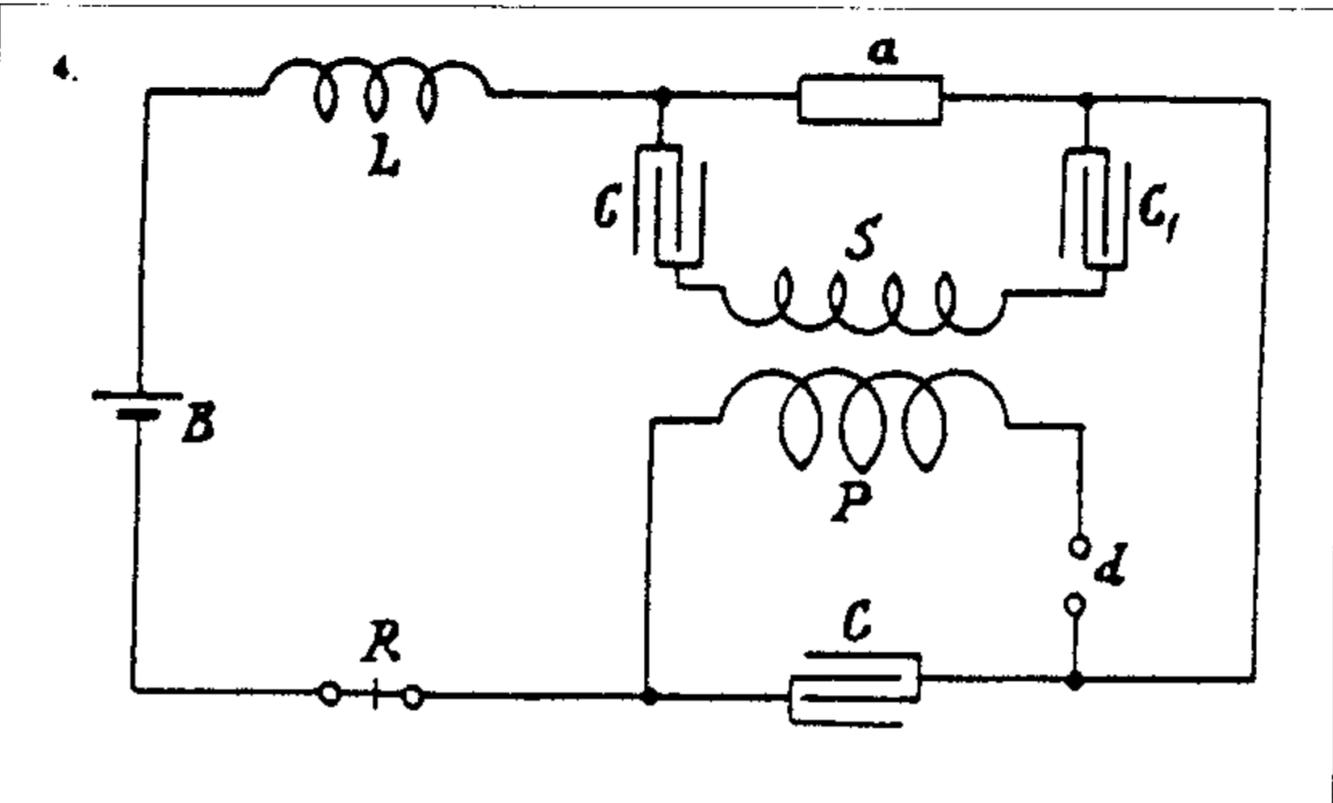


в том, что устройства должны располагаться так, как на схеме 3, с тем чтобы изменение в одном вызвало изменение в другом, которое, в свою очередь, отвечало бы на первое и так далее. Над этим принципом стоит поразмыслить.

Другие компоновки аппарата с незамкнутой вторичной цепью для возбуждения чувствительного устройства.

В этом проекте (4) вторичная цепь *S* соединена с выводами чувствительного устройства *a* посредством небольшого конденсатора *CC₁*, достаточного для возбуждения.

Это вариант размещения (5), в котором имеется только один конденсатор и катушка с очень высокой индуктивностью, подключенная в обход устройства



a для обеспечения начального возбуждения, когда устройство *a* изначально имеет практически бесконечно большое сопротивление. Вместо катушки индуктивности *l* можно подключить реле параллельно с устройством *a*.

В схеме 6 показан способ подключения аппарата к цепи L_1C_1 , которая настроена синхронно с колебаниями первичной обмотки генератора и возбуждает устройство *a*.

В схеме 7 опять обошлись без специальной синхронизирующей цепи, вторичная цепь сама настроена на колебания первичной. Опробованная в нью-йоркском аппарате идея намагивать вторичную и первичную обмотки на большой барабан, одновременно служащий столом, является наиболее подходящей. Регулировка осуществляется легко, аппарат дешев, в синхронизирующей цепи можно использовать большое количество меди.

Колорадо-Спрингс

15 августа, 1899

Вариант вторичной обмотки генератора с целью его адаптации к емкостям

Емкость одного резервуара с 36 бутылками 0.03816 мкФ. Два комплекта резервуаров, по 8 в каждом, дают при последовательном соединении суммарную емкость 4 резервуаров, равную 0.15264 мкФ. Отсюда $T = 2.054/10^5$ приблизительно и $n = 48700$, почти 49000. Это даст $\lambda = 3.8$ мили, или для $\lambda/4 = 5016$ футов.

Таким образом, резонанс вторичного контура в 5280 футов достигается при суммарной емкости 6 резервуаров вместо 4. Уменьшая числовое выражение длины, мы при меньшей длине получаем емкость, пропорционально большую $(5280/5016)^2$, или 1.11, то есть вместо 4 резервуаров у нас будет 4.44 на 5280 футов.

Необходимая длина для емкости 6 резервуаров. Эта длина составит

$$\sqrt{\frac{4.44}{6}} \times 5280 = \frac{2.17}{2.45} \times 5280 = 4677 \text{ футов.}$$

5280 — имеющаяся длина	} уменьшать на 603 фута
4677 — необходимая длина	

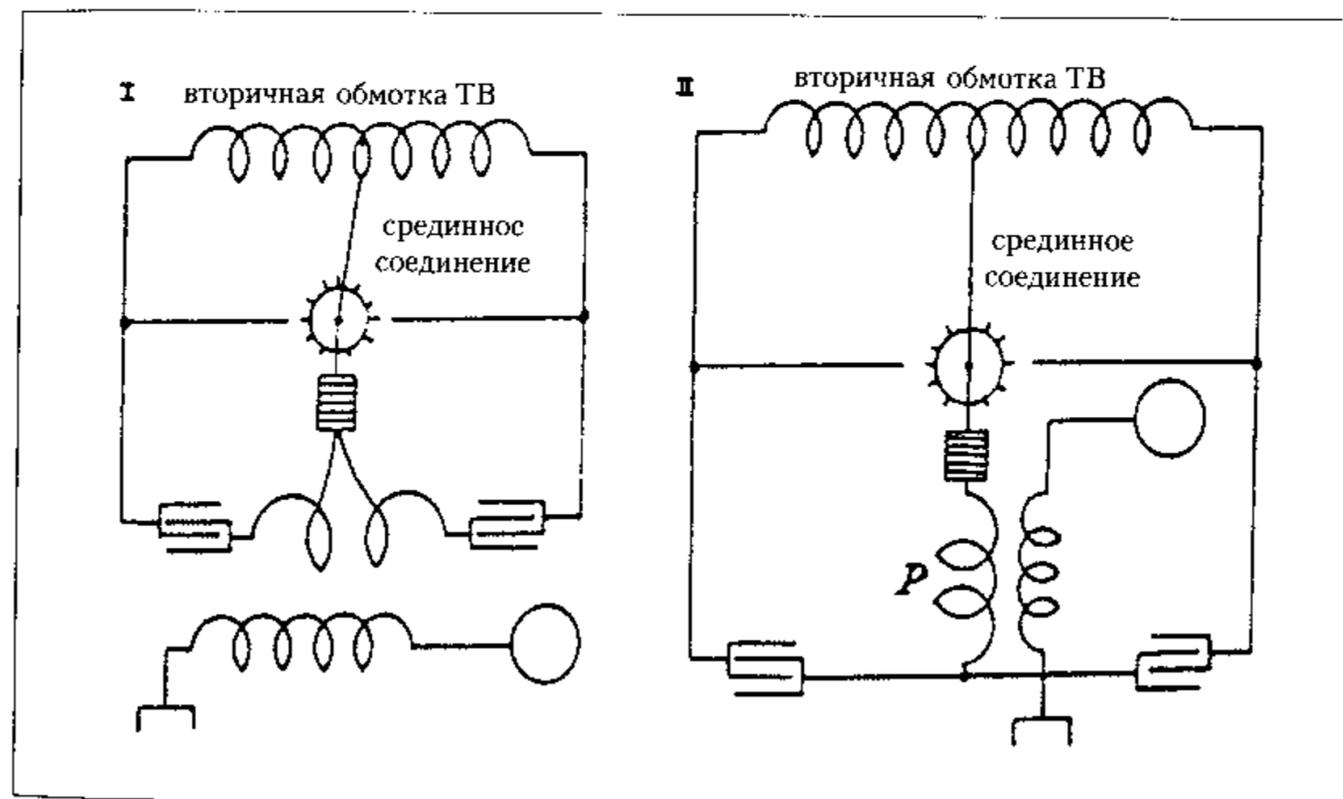
При такой длине генератор колебаний должен иметь такую же емкость как добавочная катушка и тогда можно надеяться на хорошие результаты.

Колорадо-Спрингс

16 августа, 1899

Из-за высокой индуктивности вторичной обмотки трансформатора Вестингауза и большого коэффициента трансформации, а также значительного падения напряжения на индуктивности питающих трансформаторов с неадекватной емкостью желательнее работать с двумя цепями, которые используются в небольших генераторах с ртутным прерывателем. Это дает немало преимуществ, главные из которых: удвоенное количество прерываний, меньшее сопротивление в разрядных промежутках и возросшая емкость трансформатора Вестингауза для заряда конденсаторов. Возможны соединения, представленные на схемах I и II.

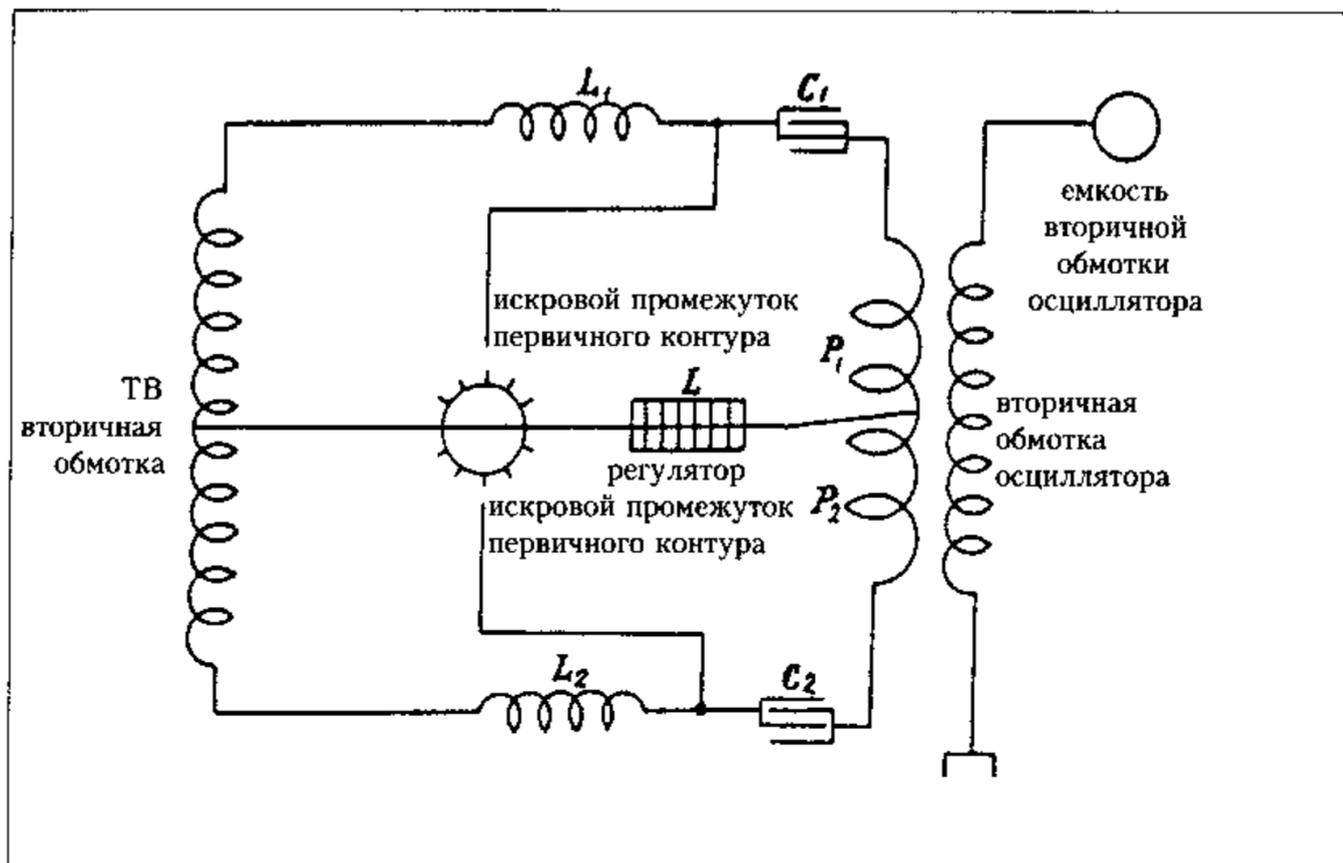
Такое соединение с использованием небольших осцилляторов хорошо работает, если не допускать короткого замыкания вторичной обмотки питающего трансформатора.



Колорадо-Спрингс

17 августа, 1899

Как видно из схем соединения I или II, в работе трансформатора короткое замыкание вторичной обмотки является неудобством, которое можно преодолеть, разместив несколько зубцов на оптимальном расстоянии, но это



уменьшает количество прерываний, которое можно было бы получить. Другой способ, который с успехом может быть применен с малым осциллятором, чтобы заряжать конденсатор, затем отключить его и, наконец, разрядить. Но и он имеет недостаток: уменьшает количество прерываний.

Приводимая схема, как представляется, избавлена от таких недостатков.

Здесь возможность короткого замыкания исключена благодаря применению катушек индуктивности L_1 и L_2 , которые должны иметь хорошую изоляцию, чтобы выдерживать высокие напряжения. С тем же успехом можно использовать единичную катушку индуктивности, поместив ее в срединном проводе.

Колорадо-Спрингс

18 августа, 1899

Значительный результат с имеющимся в нашем распоряжении аппаратом, в котором три питающих трансформатора, трансформатор Вестингауза и заново сконструированные конденсаторы, получается при использовании двух диэлектриков, что дает суммарную емкость конденсаторов, равную емкости четырех резервуаров. Это позволяет работать без риска с напряжением в 22 500 вольт.

Вероятно, результат будет тот же при подключении 45 000 вольт и с 4 диэлектриками, но тогда емкость будет представлена только одним резервуа-

ром, а искровые разряды в первичном контуре будут длиннее и менее управляемы.

При способе соединения, представленном на схемах I или II, также возможно работать с полным напряжением в 45 000 вольт, если подключить резервуары последовательно на каждой стороне так, чтобы емкость каждого из двух попеременно работающих контуров была равна емкости двух резервуаров. То есть $2 \times 0.03816 = 0.07632$ мкФ.

С одним первичным витком это дает

$$T = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{0.07632 \times \frac{7}{10^5}} = \frac{2\pi}{10^5} \sqrt{0.053424} = \frac{1.4553}{10^5}$$

и $n = 68710$ с добавлением 10% на взаимную индукцию; в этом случае, когда [показатель] меньше, потому что количество витков во вторичном контуре меньше (29), мы имеем $n = \{68700, 6900\} = 75600$; например, $n = 76000$, а $\lambda = 2.45$ мили, $\lambda/4 = 3234$ фута.

Колорадо-Спрингс

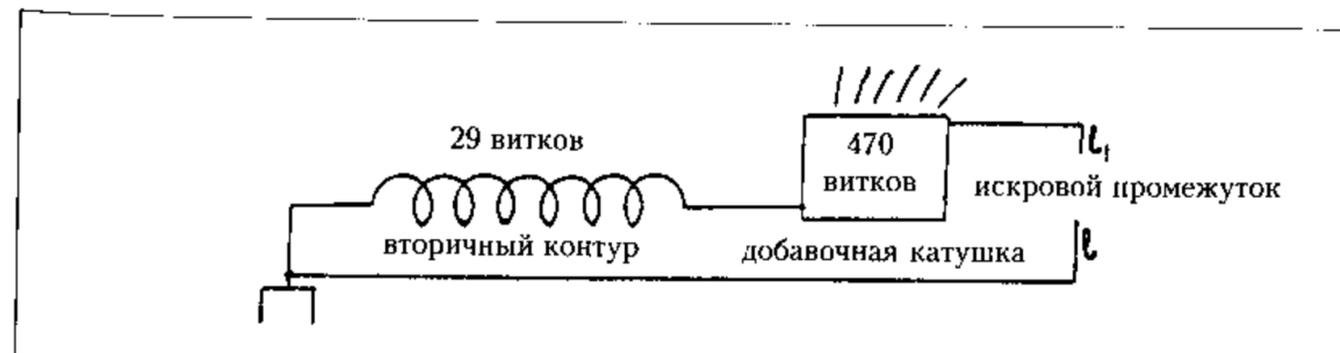
19 августа, 1899

Предыдущие эксперименты показали в ряде случаев хорошие результаты с указанными схемами подключения и параметрами.

Емкость в первичном контуре – 6 резервуаров на каждой стороне; 1 виток в первичном контуре, около $3/4$ регулируемой индуктивности.

Судя по воздействию емкости на вторичную обмотку трансформатора В, можно было предположить, что требовалась большая емкость, но трансформатор испытывал перегрузки, когда присоединяли большее количество резервуаров.

С подключением 22 500 вольт перегрузка была очень заметна, и напряжение в лампах падало на 50%. Когда переключили на 15 000 вольт, то оказалось, что лампы не теряли, а увеличивали накал примерно на 35%–40%. Никаких изменений – емкости или каких-либо других параметров – не производилось, отсюда следует, что этот эффект обусловлен не только взаимодействием индуктивности и емкости, но что и эдс была определяющим фактором.



При первом подключении результаты были великолепные, искровые разряды в промежутках 8–11 футов в соответствии с зарядом и настройкой. Исходя из вышеприведенных соображений, решили перейти на два первичных витка. Сначала емкость [соответствовала] $1\frac{1}{2}$ резервуара на каждой стороне, при эдс на трансформаторе в 22500 вольт возрастала, вероятно, на 25%. Емкость постепенно увеличивалась до $3\frac{2}{3}$ резервуара на каждой стороне, самые хорошие результаты получались, когда все регуляторы были отключены. Эдс возрастала примерно на 35–40%. Искровые разряды, необычайно интенсивные, выбрасывались в разных направлениях, стремительно проносились мимо зажима I.

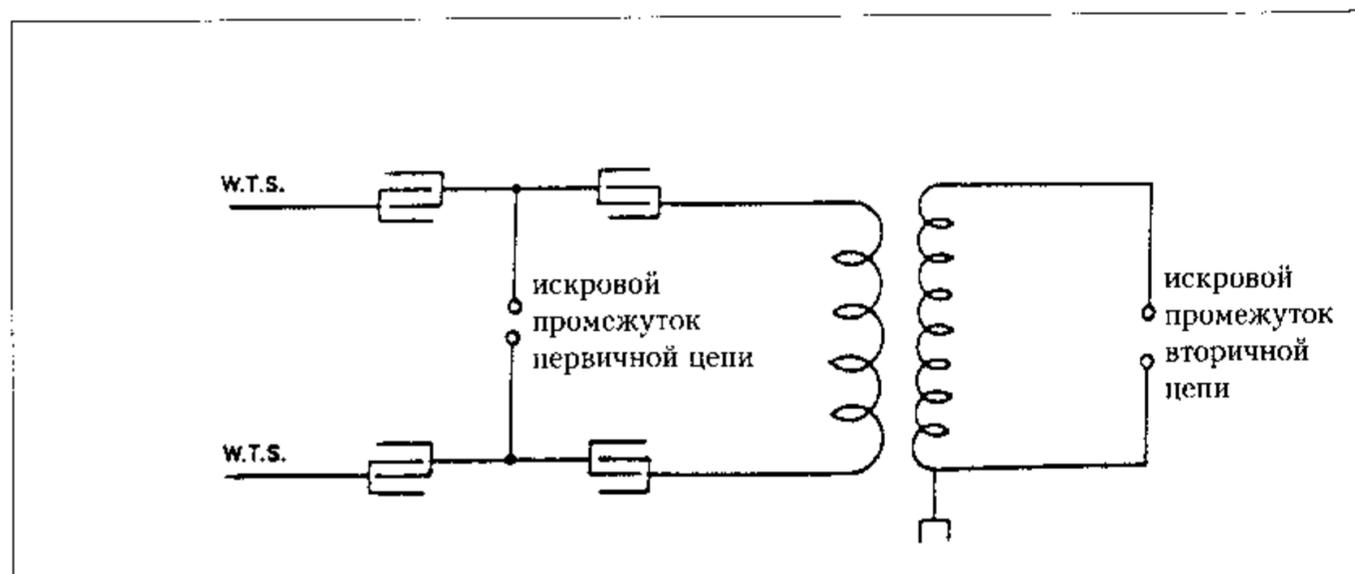
В этот момент на катушке появился огонь.

Колорадо-Спрингс

20 августа, 1899

Продолжение экспериментов со вторичной обмоткой генератора, имеющей 29 витков, с целью более точного выявления свободных колебаний

Подключили два комплекта с каждой стороны, использовали 4 диэлектрика, совокупная емкость [соответствует] 1 резервуару. Напряжение на трансформаторе Вестингауза приблизительно 30000 вольт. Снаружи искровые промежутки около 3" каждый, внутри один виток. В целом результаты менее удовлетворительные, что со всей очевидностью говорит о нарастании затруднений с увеличением напряжения. Вышел из строя срединный блок на одной стороне, искровые разряды проходили сквозь каркас из красного дерева до винта и отлетали от него на расстояние 4". Это можно объяснить лишь частыми колебаниями и высокой скоростью, так как напряжение на этом блоке было только $15000/2$ вольт. Есть сомнения относительно распределения



эдс в последовательно соединенных конденсаторах, когда происходят колебания. Сильное (возможно, индуктивное) падение напряжения в цепи питания (именно так).

Примечание. Когда лампы на питающей сети накаливаются сильнее всего, искровой разряд не проскакивает через промежуток, указывая на то, что эдс на вторичной обмотке трансформатора Вестингауза минимальная.

С целью устранения эффекта закорачивания вторичной обмотки ТВ под воздействием дугового разряда в первичной обмотке заменили подключение согласно представленной схеме. Было затрачено много энергии. На выключателе значительные искровые разряды. Лампы вспыхивали очень ярко, когда пробивалась дуга. Но в общем результаты не удовлетворили. Конденсаторы на трансформаторах Вестингауза потребляют большой ток.

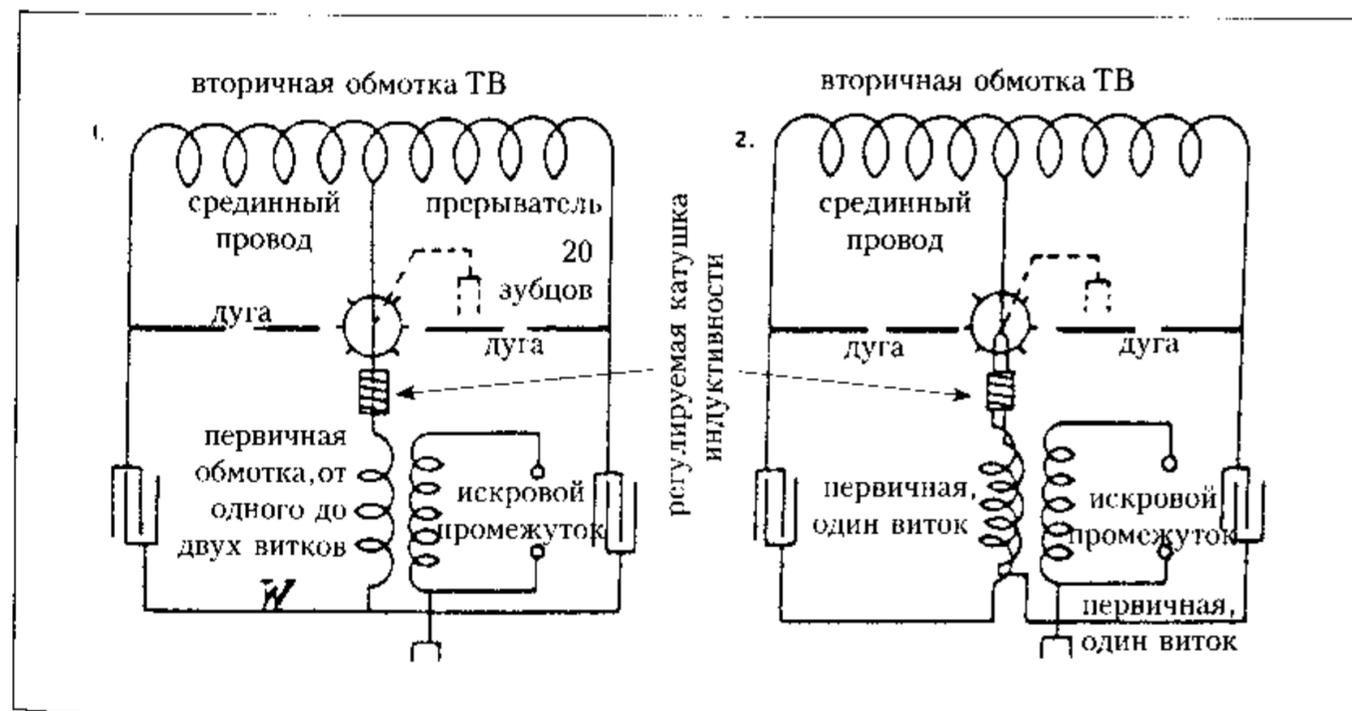
Колорадо-Спрингс

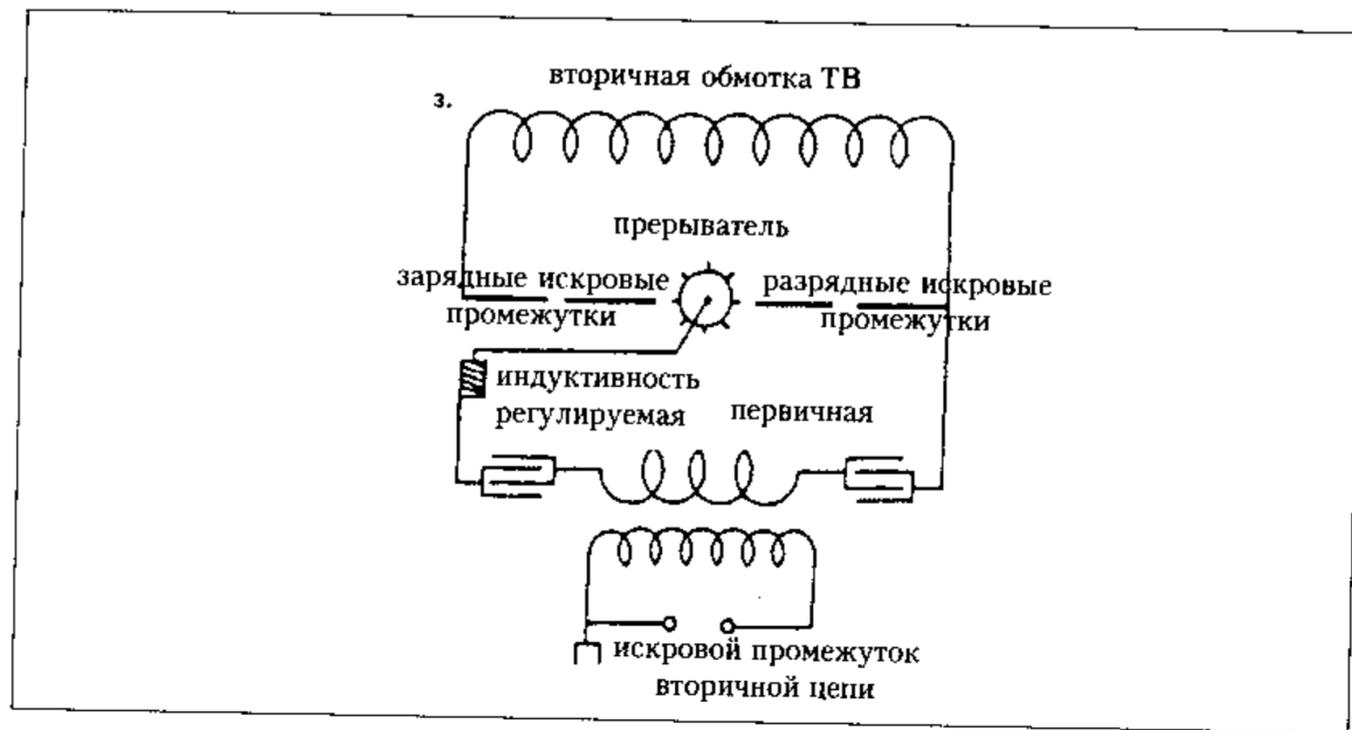
21 августа, 1899

Новые эксперименты с осциллятором, вторичная обмотка которого имеет 29 витков. Простой искровой промежуток

Примененные соединения:

Способ подключения, представленный в первой схеме, предназначался для удвоения количества прерываний с тем же диском и для получения дополнительных преимуществ, а также лучшего использования трансформатора Вестингауза. Выяснилось, что когда одна его сторона работала превосходно, длина искровых разрядов составляла около 4 футов. При напряжении на каждой стороне трансформатора 11000 вольт приблизительно взаимодействие





обеих частей было пагубным. Главный недостаток — закорачивание вторичной обмотки. Дуга сопровождалась громким треском, что указывало на короткое замыкание и высокую частоту колебаний, проходивших через провод *W*. Разряд во вторичной цепи был плотным, но искровой разряд не превышал 3 футов. Задействовали все резервуары на обеих сторонах, и трансформатор заряжал их полностью каждую отдельно. Когда обе части включались в работу, вторичная обмотка ТВ испытывала явные перегрузки.

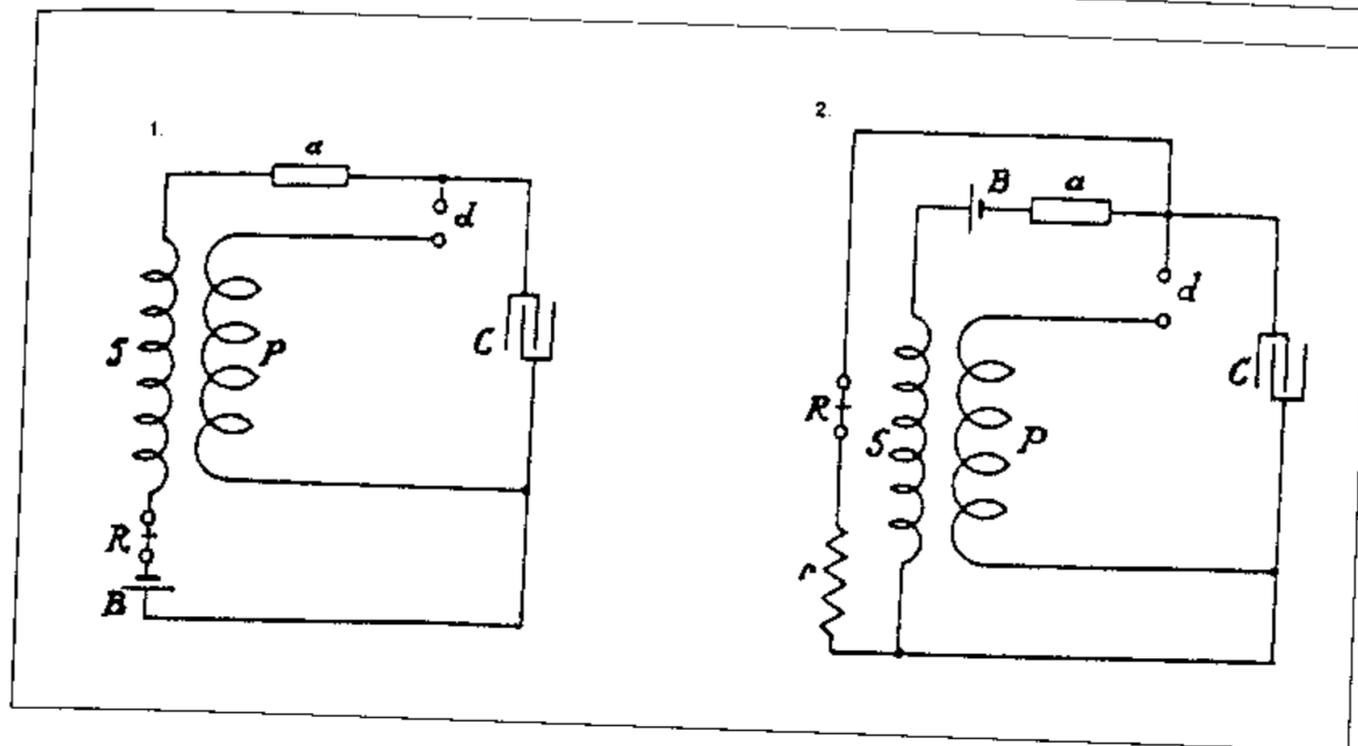
В схеме подключения, представленной под номером 2, опасность закорачивания в значительной степени устранена, но короткое замыкание вторичной цепи ТВ всё еще имело место. Результаты сходны вне зависимости от того, в каком направлении были подключены обе первичные цепи. Необходимость исключения короткого замыкания в обеих компоновках стала вскоре всё более острой.

С целью усовершенствования применили компоновку, показанную в схеме 3. Она оказалась более экономичной, но количество энергии было ограничено. Губительные короткие замыкания были полностью исключены, и лампы подвергались меньшим нагрузкам.

Колорадо-Спрингс

22 августа, 1899

Испытывали телеграфные аппараты. В этих аппаратах главное состояло в том, чтобы один конец вторичной обмотки всё время оставался разомкнутым, с тем чтобы на этом конце можно было обеспечить максимальный подъем напряжения. Чувствительное устройство, одно из ранее описанных, в состо-



янии максимального возбуждения обладает сопротивлением 12 ом приблизительно. В невозбужденном состоянии более 100 000 ом.

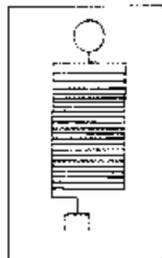
На схеме 1, опробованной в первую очередь, обнаружился недостаток: приемник *R* срабатывал от прерывающего устройства *d*. Это неудобство устранено в компоновке, представленной на схеме 2, которая позволила осуществить более тонкую настройку реле *R*, и это улучшало работу всей установки. Емкость конденсатора варьировалась, доходя до 20 мкФ, с переменным успехом. Самые лучшие результаты наблюдались, судя по всему, с малыми емкостями — до 1 мкФ. Вторичный контур — около 4000 витков, первичный — двухжильный сетевой шнур № 10, 28 витков. Аппарат бесперебойно реагировал на небольшую переносную катушку с расстояния в несколько футов, без присоединенной емкости и цепи подстройки. Следовательно, будет действовать на большом расстоянии.

В этих схемах расположения, как и в предыдущих, основанных на том же принципе, воздействие на чувствительное устройство является кумулятивным, и возникает проблема как раз в связи с чувствительным устройством, которое не будет с легкостью его терять. Подключение большого сопротивления *r* к цепи с приемником *R* в значительной мере уменьшит этот эффект, так как ток, проходящий через приемник и устройство, остается минимальным. Регулирование скорости вращения чувствительного устройства также может устранить дефект.

Колорадо-Спрингс

23 августа, 1899

Эксперименты с новой добавочной катушкой, помещенной в середину первичного контура



Диаметр бобины 75", ширина 12", всего 160 витков. 120 витков намотаны близко один к другому в смежных канавках, а у 40 витков, верхних, расстояние [между ними] в три раза больше, то есть две пустые канавки между каждыми двумя витками.

Прерыватели с двух сторон, работают попеременно, приблизительно 2400 прерываний в секунду. Сверху (свободный конец) помещен шар емкостью 38 см. Резонанс получался с $5 \frac{2}{3}$ резервуарами на каждой стороне, один первичный виток, катушка индуктивности в боксе — 4 витка. Искровые промежутки — $1 \frac{1}{16}$ с каждой стороны плюс промежутки в боксе — 2 витка. Регулирование на удивление точное. $\frac{1}{8}$ витка в катушке индуктивности в боксе весьма значительно снижают эффект. Когда в боксе ровно 4 витка, из поврежденного места на проводе вырывались стримеры, иногда до 8 футов длиной. Шар, находившийся сверху, снижал мощность стримера и, как обычно, препятствовал выбросу стримеров по всей длине верхнего витка. Искровые промежутки работают в высшей степени надежно, характерные громкие разрывы указывают на правильные колебания. Такого рода искровые разряды отмечаются всегда, когда вторичный контур хорошо отрегулирован. Установка работала экономично, напряжение в лампах питающей цепи совсем не падает. Заземление на этот раз отсутствовало, и осциллятор имел тот же период (подключены 29 витков вторичного контура). Теперь оба компонента, вторичный контур и добавочная катушка имели одинаковый период. При первом перебросе контакта в переключателе произошел искровой разряд наверху от шара к крыше, и загорелся кабель. К счастью, огонь был потушен, прежде чем он причинил вред.

Эта авария послужила хорошим уроком — нужны более жесткие меры предосторожности. Крышу придется укрепить, предусмотрев защиту в виде проволочной сетки, которая сможет уберечь дерево от возгорания от вырывающихся вверх искровых разрядов. Так как продолжать работу без предохранительных устройств было опасно, мы подняли наверх еще один шар 38 см, соединив его с землей, и переместили его на разные расстояния от шара на конце добавочной катушки. Искровые разряды перескакивали с верхнего витка катушки на заземленный шар, при этом разряды с легкостью достигали семи футов в длину. Искровые разряды в семь футов были, вероятно, самыми длинными, какие можно получить на подобных сферах или поверхностях с такой малой кривизной.

На этот раз была изменена схема подключения первичной цепи: применили два последовательных витка. Это уменьшило период наполовину и,

как предполагалось, могло соответствовать основной частоте вторичной цепи и добавочной катушки. Результаты экспериментов были неутешительны, так как проявления не отличались интенсивностью, искровые разряды доходили до четырех футов в длину, но были значительно толще и белее. Думаю, что мы не попали на нужную частоту колебаний, а проскочили ее. Так как сроки поджимали, продолжение экспериментов с целью определения основной частоты было отложено, и мы вернулись к прежней схеме соединения с одним первичным витком. Теперь оба шара были соединены параллельно с верхом катушки и с верхним стержнем искрового промежутка, при этом нижний стержень был заземлен. Этот способ исключал опасность возгорания. Искровые разряды были необыкновенно шумными, ярко-белыми, достигали 14 футов в длину, выбросы быстро следовали один за другим, носили взрывной характер. Иногда стримеры вылетали на целых 11 футов, зачастую несколько разрядов одновременно, без определенного направления. Емкость в первичной цепи варьировалась и доходила до 8 резервуаров с каждой стороны. Эффект разряда присутствовал всегда. Заземляющий провод не имел емкости, и не было видно никаких разрядов на громоотводе, однако ранее, только с одним шаром и без стримеров, искровые разряды $5/16$ " исходили от водопроводной трубы в дальней комнате.

Колорадо-Спрингс

24 августа, 1899

Продолжали эксперименты с новой добавочной катушкой при 28 витках во вторичной обмотке генератора.

Шар наверху был отключен, и для образования стримеров вокруг верхнего обода катушки проходил оголенный медный провод. Емкость в первичной цепи на каждой стороне составляла $5 \frac{2}{3}$ резервуара с 4 витками индуктивности внутри бокса. Продолжать работу было опасно, потому что при включении рубильника происходил выброс нескольких стримеров по направлению к крыше на 12–13 футов. Другой шар, применявшийся в предыдущих экспериментах, был помещен в 11 футах от катушки, и он также не был подсоединен, если не считать свисающего с него провода длиной около 8 футов, на который с обода катушки перескакивали искровые разряды.

Любопытная деталь — выброс стримеров происходил внезапно, подобно взрыву. Это, вероятно, объясняется неожиданностью прерывания. Время от времени вылетали необычно длинные стримеры. Вероятно, это происходило по причине резонанса прерывания или во время короткого замыкания над промежутком; возможно срабатывает первая из двух причин. Желательно работать с синхронным прерыванием, как это делали в Нью-Йорке, или с очень частым. С этой целью скорость двигателя необходимо увеличивать в два раза.

Катушку отсоединили от осциллятора и заземлили. Период совпадал с периодом первичного контура с 7 резервуарами на каждой стороне, без индуктивности. $5\frac{2}{3}$ резервуара, 4 витка и 4 резервуара и 9 витков. Таким образом, 3 резервуара составили разницу всего лишь в 5 витков на бокс. С четырьмя резервуарами настройка поразительно тонка, дважды промахивались, прежде чем в конце концов настроили.

Сегодня укрепили крышу здания, убрали провода.

Колорадо-Спрингс

25 августа, 1899

Были продолжены эксперименты с добавочной катушкой на деревянном каркасе высотой 12 футов, диаметром 6 футов, 160 витков провода № 10. Сверху был укреплен голый медный провод в форме незамкнутого кольца диаметром 8 футов. Другой медный провод был укреплен на 4 фута ниже и на расстоянии около 13 футов, вокруг кольцо диаметром около 34 футов. Это кольцо (также незамкнутое) было соединено с землей. Наблюдали образование очень мощных стримеров, которые иногда полностью перекрывали всё расстояние между кольцами, однако они всё-таки проявляли тенденцию к восходящему движению, несмотря на наличие заземленного кольца. Искровые разряды зачастую проходили по криволинейной траектории между двумя кольцами. В ходе эксперимента на громоотводе не было никаких разрядов, были небольшие искры от водопроводной трубы в смежной комнате. Емкость на каждой стороне в пределах $5\frac{2}{3}$ -7 резервуаров. Более длинные стримеры происходили при первом значении. Затем провод, образующий кольцо диаметром 8 футов переместили вниз, а на верх катушки поместили другой провод диаметром около 10 футов. Теперь у стримеров просматривалась некоторая тенденция к смещению в сторону заземленного кольца. Искровые разряды на последнем были более частые и более яркие. Никаких процессов на громоотводах, и небольшие искровые разряды в смежной комнате, как и прежде.

Затем один из шаров заземлили, но, несмотря на то что в сторону этого шара вырывались искровые разряды длиной одиннадцать футов, на громоотводах их не было. Колебания, очевидно, медленные, что связано с добавочной катушкой, и гармоники в заземляющем проводе, идущем от шара, не доминировали.

Колорадо-Спрингс

26 августа, 1899

Продолжали эксперименты с 29 витками во вторичной обмотке осциллятора и добавочной катушкой, описанной в прошлый раз.

Последовательно с добавочной катушкой был подключен электродвигатель переменного тока на 200 вольт, катушка отрегулирована так, что прерыватель работал с удвоенной скоростью, то есть 4 200, значит скорость двигателя равна приблизительно 2100. Поскольку диск имел 200 зубцов и два попеременно работающих прерывателя, то происходило

$$\frac{4\,200 \times 20 \times 2}{60} = 2\,800 \text{ прерываний в секунду.}$$

Первые попытки соединений соответствовали схеме (1). Искровой промежуток между проволочным кольцом на верхнем торце добавочной катушки и укрепленным шаром равен 8 футам.

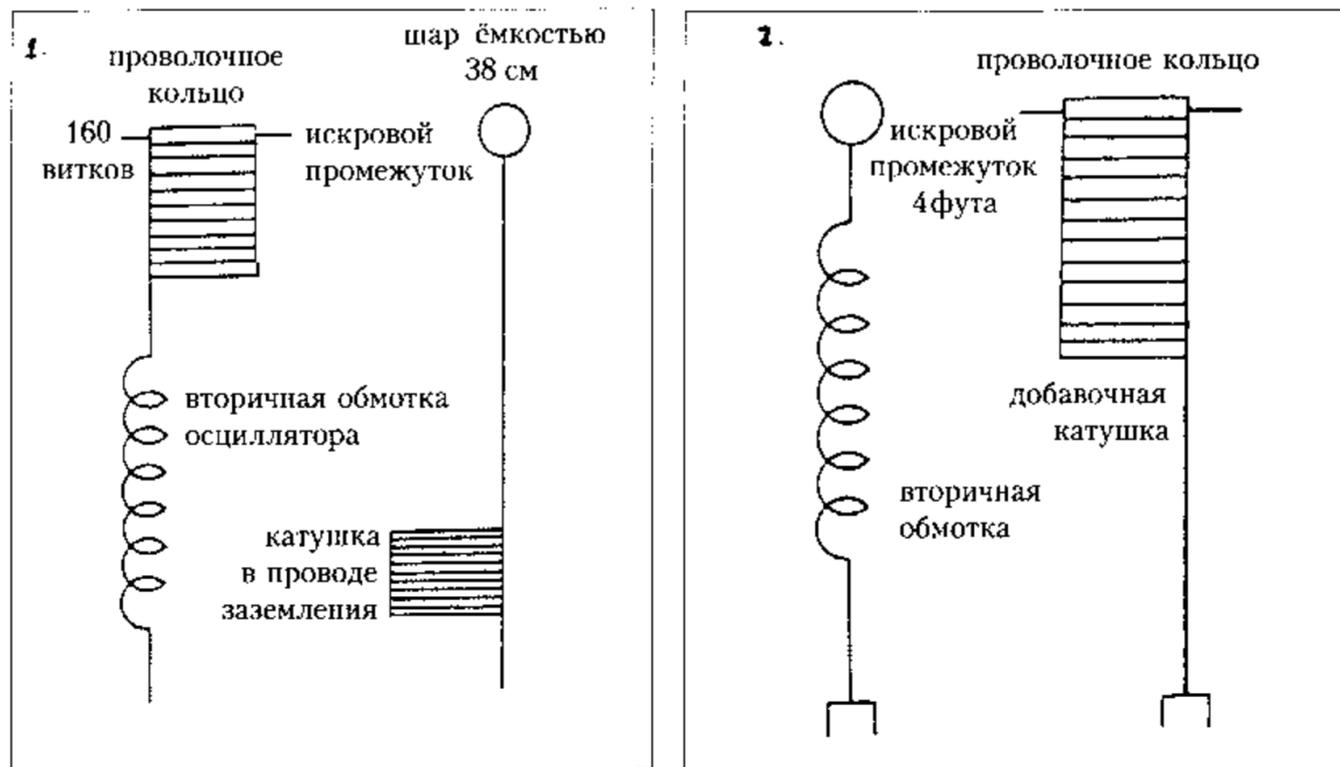
Искровые разряды сыпались без задержки, а на громоотводах наблюдались удивительные вещи. Мощные дуги соединяли контакты громоотводов на обеих линиях, а также проскакивали сквозь одну из дроссельных катушек. Это было самым ярким проявлением на громоотводах из тех, что мы наблюдали до сих пор.

Затем дроссельную катушку установили в провод заземления, чтобы убедиться, уменьшатся ли искровые разряды на громоотводах при удлинении периода контура заземления. Катушка имела 34" в диаметре, один слой намотки, провод № 16 с толстой резиновой изоляцией (высота слоя 10"), 50 витков. Эта катушка не ослабила эффект, весьма вероятно, потому, что разряды часто проскакивали между витками. С другой стороны, мы допускали, что собственные колебания вторичной цепи с добавочной катушкой могли способствовать образованию большей части эдс, генерируемой между землей и электрической линией. Несмотря на такие мощные проявления, о которых можно судить по громоотводам, водопроводные трубы в соседней комнате искрили очень слабо, и это, по-видимому, указывает на то, что в этом эксперименте земля выступала в роли узловой зоны.

Вывод, сделанный после первых экспериментов относительно эффективности прерывателя, состоял в том, что удвоенное количество размыканий, несомненно, лучше. Также и закорачивание не ухудшало работу трансформатора из-за возросшего их количества, насколько можно было судить по лампам, установленным в цепи питания, которые вспыхивали, когда включался рубильник.

Более того, было очевидно, что большое проволочное кольцо, которое ранее укреплялось над вторичным контуром и заземлялось, оказывало сильное воздействие на процессы, происходившие на громоотводах, потому что оно создавало условия для локальных колебаний, которые фактически не уходили в землю и атмосферу.

Чтобы удостовериться, в какой мере влияют длинные волны на разность напряжения, наглядно проявляющуюся на пластинах громоотводов, мы подключили вторичный контур и добавочную катушку (схема 2).



При таком соединении на землю могли успешно передаваться только длинные волны. В этом, как и в предыдущем, эксперименте было бы желательно убрать проволочное кольцо, а вместо него сверху на добавочную катушку поместить шар, но это не удалось осуществить, и кольцо оставили. Так как добавочная катушка имела теперь лишь небольшое изначальное напряжение, эдс, которую можно было получить в искровом промежутке, была значительно слабее, и потому промежуток был уменьшен до 4 футов, то есть до расстояния, которое искровые разряды легко проскакивали. Процессы на громоотводах — хотя и более слабые — тем не менее имели место, и этот немаловажный эффект доказывал, что волны длиной 3–4 мили могут иметь эдс, достаточную, чтобы вызвать искровые разряды между пластинами громоотводов. Здесь важно уяснить, является ли земля узловой зоной или гребнем волны, то есть зоной, непосредственно примыкающей к точке взаимодействия соединения вторичной цепи с землей. Если она узловая, тогда эдс, полученная на расстоянии 60 футов, отделяющих точку соединения и заземление молниеотводов, была лишь малой частью совокупной эдс. Но если это гребень волны, тогда образовавшаяся эдс, вызывающая искровые разряды, была почти равна совокупной эдс, генерированной аппаратом. Если около точки соединения вторичной цепи находится узловая зона, тогда на расстоянии около 4000 футов должен наблюдаться мощный эффект, но если гребень, тогда на этом расстоянии не будет никаких проявлений. Это следует уточнить в ходе дальнейших наблюдений. Затем схему соединения изменили.

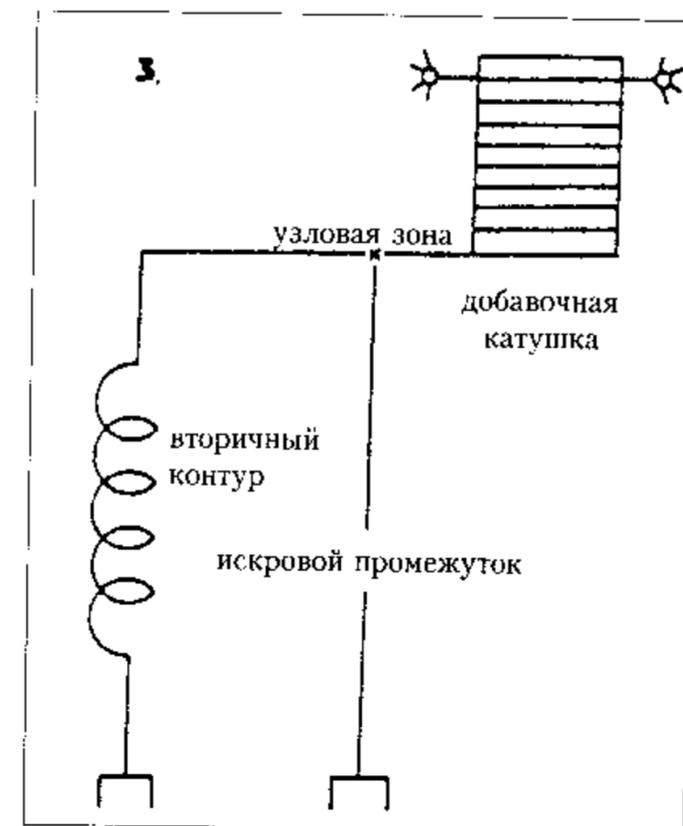
Решили, что оба колебательных контура будут взаимодействовать и произведут более мощный эффект, но сразу же стало очевидно, что пока стримеры (достигавшие почти 10 футов) формировались наверху добавочной катуш-

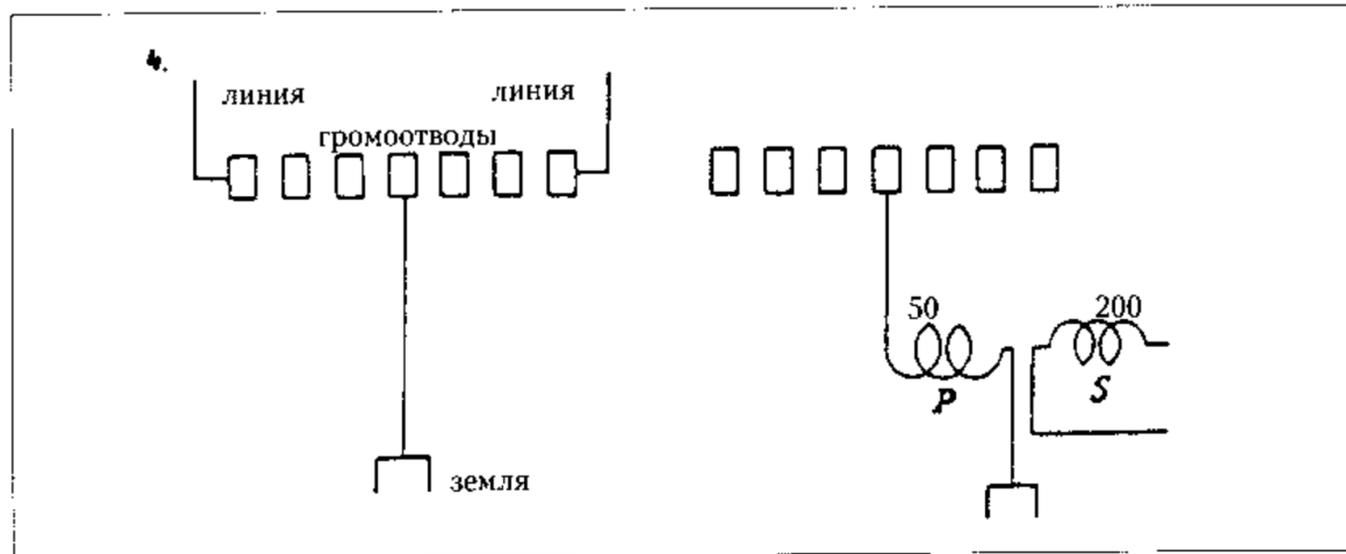
ки, эффект должен быть меньшим, поскольку вся энергия поступала из вторичной цепи, и стримеры приводили к потерям. Вероятно, вместо промежутка следовало бы использовать конденсатор, чтобы такая установка работала с максимальной эффективностью. Несмотря на то, что благодаря узловой точке длина искрового разряда в регулируемом промежутке была небольшая, процессы на громоотводах были мощными, но не такими, когда добавочная катушка была полностью отключена. В последнем случае активность проявилась в полной мере, так что на громоотводах часто появлялись факелы, что свидетельствовало о коротком замыкании динамо-машины, другая дроссельная катушка также получала пробой. Теперь стало очевидно, что в этом случае добавочная катушка не принесла пользы в усилении колебаний, на которую рассчитывали.

Продолжили эксперимент: теперь добавочную катушку опустили на 2 фута ближе к земле, и тогда расстояние от пола составило примерно 4 фута, а от земли — 5 футов.

Ёмкость — $5 \frac{2}{3}$ резервуара на каждой стороне в первичной цепи. Трансформатор Вестингауза работает очень хорошо (22500 вольт). Лампы работают на 35–40%, когда нет дуги, для чего искровой промежуток увеличили, а когда возникает дуга, они даже несколько превышают норму. Наружные искровые промежутки приблизительно $1 \frac{1}{4}$ " каждый. Внутренние — $1 \frac{1}{2}$ –2 витка. Наблюдавшиеся стримеры были еще более мощными и она возрастала с приближением вторичного контура. Иногда стримеры достигали расстояния 12 футов.

Важное наблюдение. На громоотводах — интенсивное дугообразование, хотя никаких искр не проскакивало к шару, который использовался ранее и был помещен на расстоянии около 9 футов. Могли ли искровые разряды генерироваться от статической индукции на проводе через воздушную среду, а не через землю? Чтобы проверить это, упоминавшаяся выше катушка с 50 витками была подключена к заземляющему проводу молниеотводов. Ожидалось, что это ослабит разряды на противоположной стороне, но этого не произошло, потому что ток был слабым и противодействием, соответственно, таким же.





Чтобы убедиться, поступает ли ток через провод заземления в электрическую цепь, мы поместили вторую катушку на индуктивно зависимом расстоянии от катушки, подключенной к проводу заземления, и в результате на первом из них были получены мощные искровые разряды в $\frac{3}{8}$ ". Искровые разряды интенсивностью приблизительно в $\frac{3}{8}$ " наблюдались и на катушке P.

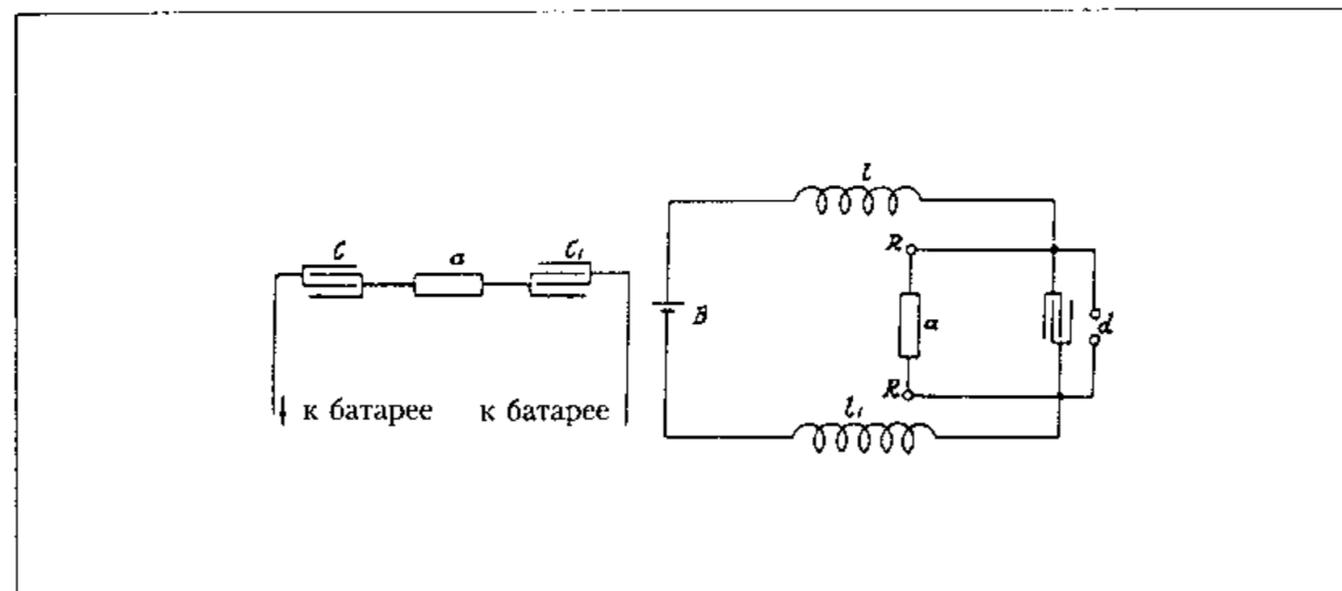
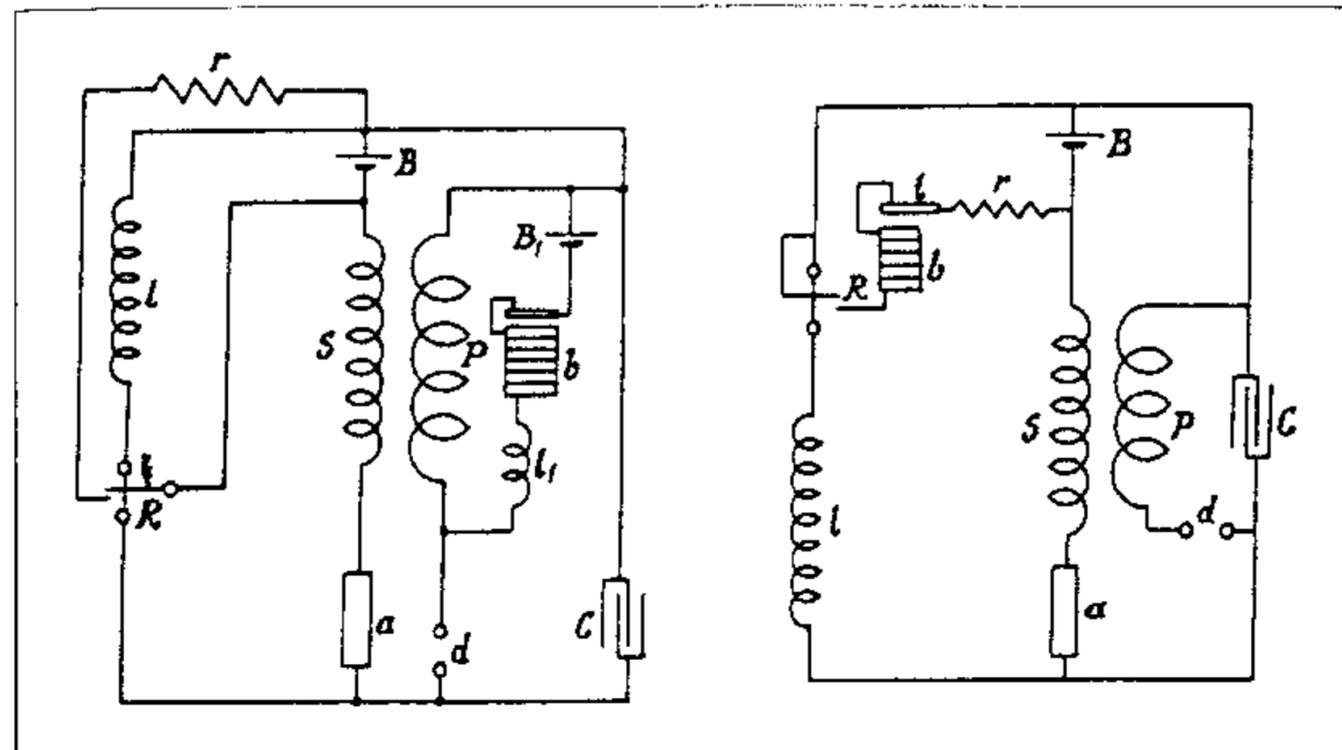
Примечание. Искровые разряды направлены в сторону шара, иногда стримеры стремительно проскакивают дальше, минуя шар. Стримеры горизонтальные, когда выброс внезапный, а когда выключатель придерживали дольше, они колыхались. В последних экспериментах использовали только половину проволочного кольца на вершине катушки.

Колорадо-Спрингс

27 августа, 1899

Эксперименты с более ранними разработками, продолжение пробных вариантов компоновок аппарата для беспроводной телеграфии

Эти схемы соединений были применены для выведения чувствительного устройства из напряженного состояния от батареи после возбуждения. Потребность в этом приводит к необходимости снова вернуться к старому проекту, экспериментально опробованному в Нью-Йорке, суть которого состоит в размещении чувствительного устройства в цепи между конденсаторами так, чтобы каждый раз через устройство мог проходить только один импульс тока. В общих чертах это показано на небольшой схеме ниже. Батарея приводит устройство *a* в напряженное состояние с помощью конденсаторов *CC*₁, но затем, после того как устройство *a* пришло в состояние возбуждения, конденсаторы резко заряжаются, импульс тока, вызванный зарядом, автоматически прерывается. Тогда возникает необходимость реверсирования силовых цепей или разряда конденсаторов, чтобы подготовить аппарат ко второй операции.



Такой режим работы позволяет использовать высокое напряжение на чувствительном устройстве, которое должно иметь очень большое сопротивление.

Замысел, представленный в последней схеме, заключается в увеличении посредством катушек индуктивности конденсатора *C* и прерывающего устройства *d*, эдс батареи *B* до величины, необходимой для доведения устройства *a* до состояния, близкого к пробое. Как обычно, для получения весомых результатов, необходимо согласовать параметры. И обмотки реле *RR*, и катушки индуктивности *ll*₁ размещены симметрично.

Колорадо-Спрингс

28 августа, 1899

Сегодня продолжали экспериментировать с осциллятором, имеющим 29 витков, подключенным последовательно с добавочной катушкой (160 витков), применявшейся ранее, и получили следующие результаты.

Емкость в первичной цепи колебалась от $5 \frac{2}{3}$ до 8 резервуаров на каждой стороне и варьировалась в зависимости от смещения узловой точки, процессов на громоотводах и поведения стримеров и искровых разрядов.

Полукольцо неизолированного провода на верху добавочной катушки оставили и вдобавок на 4 фута ниже него с помощью деревянных реек укрепили другое, большее полукольцо неизолированного медного провода, соединенного со свободным концом добавочной катушки. Нижнее полукольцо находилось на расстоянии $9 \frac{1}{2}$ фута от кольца из такого же неизолированного провода, укрепленного на каркасе вторичной обмотки осциллятора, который служил выводом вторичной цепи. Искровых разрядов и стримеров было в изобилии. При каждом включении рубильника на громоотводах также наблюдались активные процессы. Как раз начиналась гроза с дождем. Над разлитым в воздухе белым сиянием потрясающей интенсивности возвышался Пайкс-Пик. Это было необыкновенное зрелище, оно походило на горнило с белым раскаленным серебром. Разряды молний в горах были очень частыми и необыкновенно яркими. Дважды мы наблюдали любопытное явление. Молния ударила в одном месте в горах из облака к земле, а в другом месте, в нескольких милях от вершины, был замечен разряд молнии, который, судя по всему, шел от вершины горы к облаку. Разряд был гораздо толще у основания и, уходя к небу, дробился, распадаясь на множество ответвлений и исчезая в высоких потоках. Поразительное явление мы наблюдали вторично и позднее, однако в последнем случае невозможно было с большой уверенностью определить направление; несколько раз подобный разряд исходил и от других вершин. Может ли разряд исходить от земли к облаку? Судя по визуальным наблюдениям, это происходило именно так. Во всех случаях за разрядом молнии следовал разряд в другом месте и казалось, что он идет от облака к земле. Возможно, это был результат интенсивных колебаний, вызванных первым разрядом, что порождало новый разряд в направлении облака с противоположным зарядом. Облака имели необычную конфигурацию и создавали удивительные композиции. Большой сектор неба был совершенно чист. Временами задувал сильный востер. Непрерывно работавший прибор фиксировал мощные электрические возмущения, проходившие сквозь землю даже в те моменты, когда разрядов молний не было.

Слусть некоторое время эксперименты были продолжены, и мы сразу же отметили, что после включения рубильника обычного искрообразования на разрядниках более не наблюдалось. Мы сделали единственное изменение: сняли верхнее полукольцо, оставив только нижнее, что уменьшило площадь

образования стримеров и увеличило их длину. Это было великолепное зрелище. Чтобы понять, может ли верхнее полукольцо из неизолированного провода вызывать разряды на громоотводах, мы перемещали провод, результатов, однако, не получили. Затем пришли к мысли, что могут быть и другие причины отсутствия искровых разрядов, и стали исследовать всё, что могло иметь хоть малейшее отношение к этому явлению. Опять не пришли ни к чему. Искровые разряды не появлялись, какие бы изменения ни производились в настройке колебательных контуров. В чем могла быть причина? Единственным объяснением на данный момент может быть состояние крыши, которая превратилась в слабый проводник (хотя в этом районе шел небольшой дождь), и это изменило ситуацию. *Важно выяснить.*

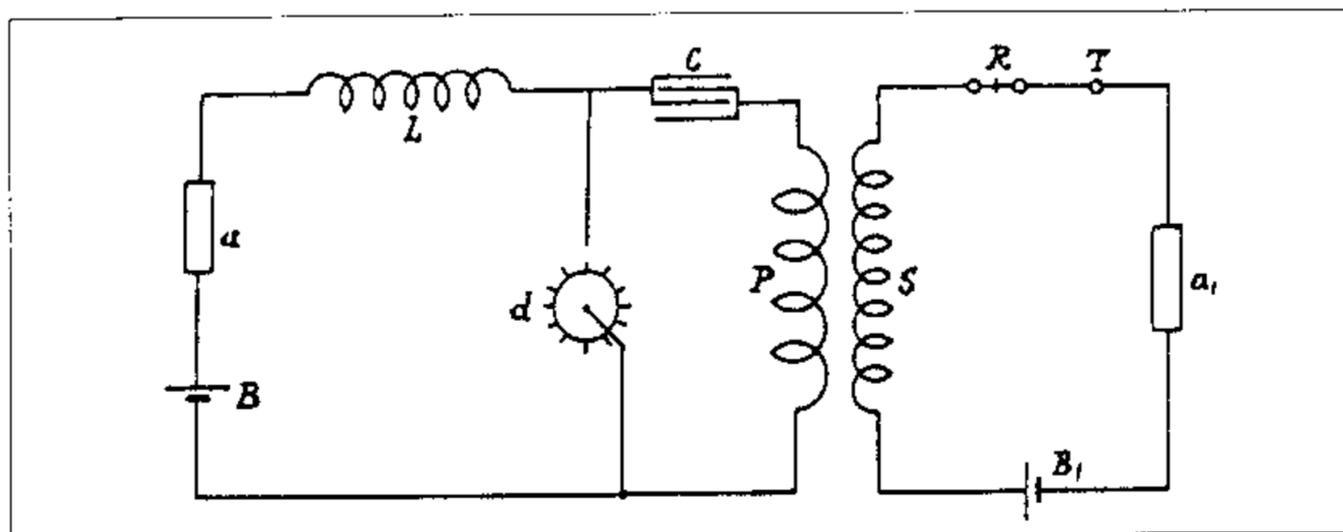
Примечание. Молния подожгла два здания примерно в двух милях от нас.

Колорадо-Спрингс

29 августа, 1899

Экспериментировали с приемным устройством, состоящим из генератора с ртутным прерывателем и двух приборов, описание которых приводилось выше. Генератор последнего образца, ртутный прерыватель при 2000 реверсирований в минуту производил $\frac{2000}{60} \times 24 = 800$ прерываний в секунду,

так как на шкиве имелось 24 зубца. Конденсатор прибора имел примерно 1 мкФ. Мы использовали его в качестве передатчика и намеревались экспериментально проверить его эффективность в качестве приемного аппарата. Соответственно, подключения были выполнены, как указано в схеме, и для усиления чувствительности использовали колебательный трансформатор. Учитывая возможности, применили все соединения и компоненты прибора. Соединения первичного контура, включая прерыватель, оставили без изменения, только вместо генератора поставили батарею B (1–4 сухих элемента достаточно) и чувствительное устройство a . Во вторичном контуре высокого напряжения были подключены приемник R (реле), телефонный аппарат T , батарея B и еще одно такое же чувствительное устройство a_1 . Электродвигатель приводился в действие от небольшого генератора постоянного тока, который, в свою очередь, — от двигателя переменного тока, применявшегося, обычно, для приведения в действие диска прерывателя большого генератора. Такая установка оказалась в высшей степени эффективной; одного лишь добавления небольшой емкости на a было достаточно, чтобы заставить приемник реагировать. Очевидно, такая результативность обусловлена высокой эффективностью колебательного трансформатора, превосходной работой и высокой частотой ртутного прерывателя.



Эксперименты с осциллятором и добавочной катушкой продолжались в течение короткого времени. Отремонтировали каркас вторичного контура и поставили на место панель для подключений трансформаторов, произвели другие работы, что заняло большую часть дня, и было уже поздно, когда возобновили исследования. Чтобы уменьшить угрозу возгорания здания, вблизи отверстия в крыше укрепили проволочную сетку. Но при первом же включении рубильника в сторону сетки устремились стримеры и искровые разряды, преодолевая расстояние около 12 футов, было видно, как искры исходили от сетки вверх к деревянным конструкциям крыши. Из соображений безопасности работу остановили и разобрали крышу. Затем шар, находящийся на вершине добавочной катушки, был соединен с последней проводом № 10 длиной 40 футов с очень толстой изоляцией из ленты поверх резинового покрытия. Проложили один виток снаружи и еще один почти полный виток изнутри, и конец провода соединили с шаром. Поднять его на высоту было невозможно, и мы попытались продолжить эксперимент, оставив шар на месте. Теперь при включении тока на шаре появлялись стримеры в большом количестве, при этом они имели тенденцию уходить прямо вверх, в атмосферу. Максимальная длина стримеров составляла около 4 футов, поскольку сочли небезопасным подавать на аппарат более высокое напряжение, пока не предприняли дополнительных мер для безопасной работы. Наблюдения за молниеотводами не выявили никакого искрообразования. Это говорило о том, что отсутствие искровых разрядов не было обусловлено дождем или влажностью, как подумали вчера, поскольку погода была очень теплая и сухая.

Колорадо-Спрингс

30 августа, 1899

Возобновили эксперименты с резонирующей катушкой, соединив ее с приемником. За неделю до этого катушка была намотана на барабан диамет-

ром $25 \frac{1}{4}$ " , изготовленный из велосипедного обода и тонкой плиты. Эта идея была реализована еще в Нью-Йорке и преследовала цель сделать барабан с катушкой пригодным и для использования в качестве стола для приборов. Барабан имел высоту $3 \frac{1}{2}$ фута, и витки занимали только его верхнюю часть. Был применен обычный обмоточный провод № 20, 516 витков. Приблизительный расчет катушки индуктивности произведен на основе следующих данных: диаметр барабана $25 \frac{1}{4}$ " , или 64 см; длина обмотанной части 20 " , или 50.8 см

$$L = \frac{4\pi}{10} \times \frac{\pi}{4} \times \frac{d^2 n^2}{l} = \frac{d^2 n^2}{l} = \frac{64^2 \times 516^2}{50.8} = 0.02 \text{ генри приблизительно.}$$

Допуская значение n , приблизительно равное 50 000 в секунду, мы были достаточно близки к достижению целевой установки для $p = 300\,000$.

При сопротивлении провода, равном 34 ом, мы получили

$$\frac{Lp}{R} = \frac{300\,000 \times 2}{3\,400} = 177, \text{ что неплохо.}$$

На этот раз катушка была настроена в соответствии с осциллятором, чтобы реагировать на несколько более высокий тон, и имела небольшую емкость на свободном зажиме, при этом второй был соединен с водопроводной трубой. Появились искровые разряды в $\frac{3}{4}$ " , в то время как от водопроводной трубы наблюдался лишь один очень слабый, едва заметный искровой разряд. Индукцию от первичного контура со всей тщательностью устранили, но искровые разряды тем не менее были длиной $\frac{3}{8}$ " и белого цвета.

Колорадо-Спрингс

31 августа, 1899

Продолжили эксперименты с добавочной катушкой и с прежним режимом для вторичного контура. Шар в центре вновь соединили с верхом катушки и несколько приподняли его над крышей, отверстие в которой сделали как можно более широким. Эксперименты начали после полудня, пока солнечный свет еще очень ярок. От шара почти не было видно стримеров, но от проходящего по центру провода, соединенного с шаром, время от времени исходили искровые разряды в сторону крыши. Расстояние — 12 футов. У разрядов прослеживалась отчетливая тенденция подниматься к крыше, причиной чему, возможно, явилась ее влажность из-за прошедшего накануне дождя. В течение нескольких проб, прерывавшихся из-за опасности, исходившей от искровых разрядов, велись наблюдения за молниеотводами, но искровых разрядов замечено не было. Утром проверяли магистрали и определили, что одна из них была явно замкнута на землю, это в какой-то степени вредило второй. Вероятно, по этой причине искровые разряды больше не появлялись на громоотводах.

Во время опытов с поднятым шаром сделали ряд любопытных наблюдений. Мы увидели муху, севшую на шар сверху, а когда включили рубильник, насекомое исчезло, очевидно, его сбросила с шара огромная сила. Еще одно такое же насекомое село на шар снизу, и ток включили как раз в тот момент, когда муха взлетала, и мы увидели, как она упала, находясь на расстоянии около одного фута от шара, прямо на пол, очевидно, убитая в полете. Еще более любопытно было увидеть, как моль, находившаяся на расстоянии, по меньшей мере, одиннадцати футов от шара, около деревянного каркаса, упала, как только включили рубильник.

Очевидно, сильно наэлектризованный шар проявляет мощное притягивающее действие на маленькое насекомое, которое притягивается к шару всякий раз, как он получает электрический заряд.

Менее забавное, но более полезное наблюдение состояло в том, что когда шар вместе с проводом был хорошо настроен, и не было никаких стримеров, благодаря хорошей изоляции питающего провода, проявлялась явная тенденция к раскалыванию сосудов в первичном контуре. Очевидно, когда стримеры отсутствуют, колебания происходят при меньших потерях и, следовательно, имеет место значительное увеличение эдс, взаимодействующей с первичным контуром. Это, по крайней мере, выглядит наиболее приемлемым объяснением наблюдаемому явлению. Свет, определенно, представляется помехой для стримеров, исходящих от шара и провода и, кроме того, можно с полной уверенностью отметить, что шум от разряда уменьшается, когда на установку падает солнечный свет.

Опробовали разнообразные способы размещения искровых промежутков, соединяя, к примеру, и катушку и вторичный контур с землей, и каждый из этих компонентов с одним из шаров, размещая искровой промежуток между последними.

В итоге вернулись к прежнему способу подключения шара и подняли его, установив заранее на вершине шара заостренный шип, чтобы облегчить образование стримеров. Любопытно было наблюдать, как стримеры уходили горизонтально, очевидно, уносимые ветром. Резонирующее действие мощное, но определить приблизительную длину стримеров не представлялось возможным. Иногда разряд от питающего кабеля перескакивал на расстояние, по крайней мере, в 10 футов. Воздействие ветра наводит на мысль о предотвращении образования расточительных стримеров с помощью воздушного потока.

4

КОЛОРАДО-СПРИНГС ДНЕВНИКИ 1-30 СЕНТЯБРЯ, 1899

Следующие вопросы, проработанные частично, опущены из-за нехватки времени:

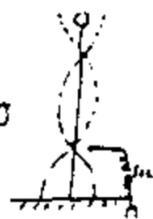
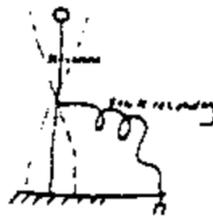
9 сентября. Проводили эксперименты со стоячими волнами. Точное расстояние от пластины заземления до вершины катушки составило 1938 футов.

10 сентября. Провели испытания способов получения электрических колебаний для беспроводной телефонной связи и т.д. путем: а) ослабления изоляции, б) изменения давления, в) настройки конденсатора.

30 сентября. Провели испытания: а) газовой батареи, б) вольтамперметра в качестве детектора.

С 1 по 30 сентября. Способ увеличения коэффициента роста резистивных цепей путем охлаждения.

I propose to measure the height of the following
phenomenon. The structure is to be elevated from the
ground up to the desired height and an insula-
tion from the ground is to be brought up to a
point in the structure and connected to the same or
other height as the primary or for instance when
a spark is used. The point where the spark is
brought back here is at the same distance say,
a few inches from a top and a negative wire
from the ground, the top of the top is to be
one foot or more apart in a multiple circuit.



The secondary is provided in
series with the primary in
arrangement as shown the
arrangement is both efficient to the
key and in connection to the ground.

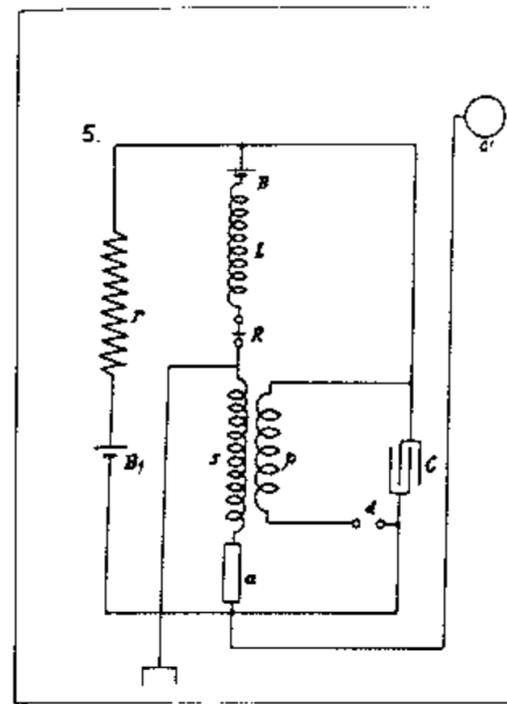
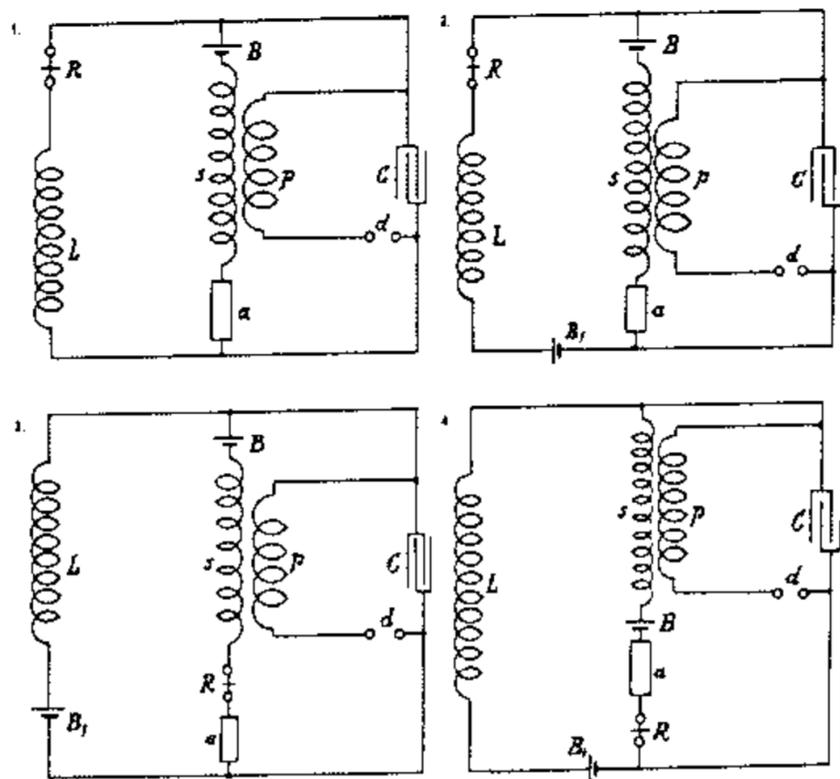
Колорадо-Спрингс

1 сентября, 1899

Различные способы подключения приборов на принимающей электрической подстанции, опробованные экспериментально, и анализ их эксплуатационных характеристик

Чертеж 1 иллюстрирует одно из опробованных ранее размещений, предполагающее применение описанного выше принципа возбуждения посредством энергии, аккумулированной в конденсаторе. Этот метод доказал свою высокую эффективность, так как он обеспечивает самовозбуждение и значительное усиление слабого начального воздействия. Недостатком в схеме 1 является невозможность обеспечить возбуждение конденсатора, что затрудняет работу чувствительного устройства с очень высоким сопротивлением, а это условие, по нашим соображениям, весьма желательно. Этот дефект можно преодолеть, как показано на схеме 2, если предусмотреть добавочную батарею B_1 для начального заряда конденсатора и, следовательно, для возбуждения устройства a до состояния пробоя. Тем не менее в последней схеме имеется одно неудобство: через реле проходит пульсирующий ток именно в то время, когда устройство a не возбуждено.

В улучшенном варианте, представленном на схеме 3, этого недостатка нет, что дает возможность регулировать реле с гораздо большей точностью. Однако оно, по причине своей индуктивности, может создавать помехи ко-



лебаниям резонансного контура s . Это соображение привело к доработанному варианту (4).

В этом случае батарею помещали или около чувствительного устройства a , как показано, или подключали последовательно к другому концу вторичного контура s и остальной аппаратуре.

Тем не менее оказалось, что для создания оптимального режима работы необходимо отсутствие какой-либо значительной емкости на свободном конце вторичного контура, соединенного с чувствительным устройством, и наличие максимально достижимой емкости на другом конце чувствительного устройства. Дальнейшие всесторонние размышления склонили в конце концов к необходимости

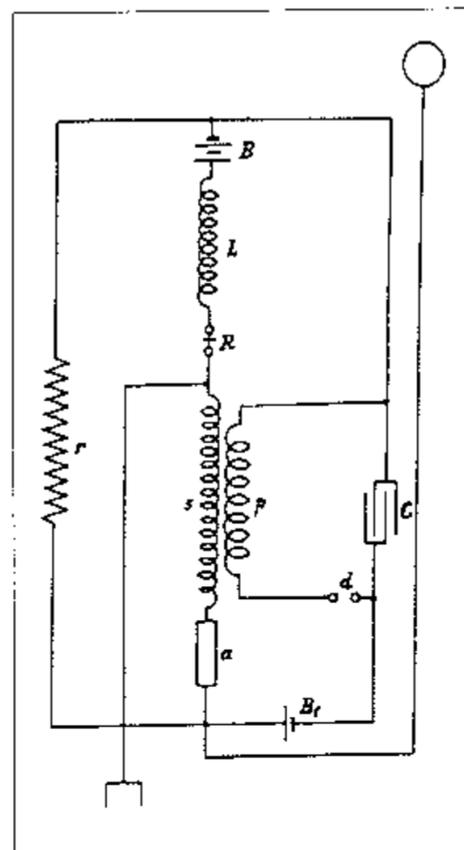
сделать выбор в пользу соединения, показанного на схеме 5, как наиболее подходящего в этих условиях.

В этой разработке успешно реализованы все преимущества, достижение которых было нашей целью в последнее время. Вторичный контур имеет свободный конец со стороны чувствительного устройства, и повышение напряжения может осуществляться беспрепятственно; заземление и выход в атмосферу расположены очень благоприятно — конденсатор возбуждается точно до заданного уровня с помощью настройки сопротивления r . Колебания вторичного контура не подвергаются ощутимому влиянию со стороны присоединенного надземного провода и емкости C_1 , и ток, проходящий через реле, уменьшился благодаря противодействию батарей B и B_1 .

Колорадо-Спрингс

2 сентября, 1899

Схема соединения приемного устройства, описанного в прошлый раз, была модифицирована, как показано на чертеже. Батарея B , вместо того чтобы находиться в ветви вместе с сопротивлением r , была подключена к другому ответвлению цепи, куда входил конденсатор. Кроме того, было опробовано размещение батарей B и B_1 различными способами и в результате расположили их по принципу взаимозависимости с целью нахождения наилучшего рабочего режима в этой схеме. В устройстве a создавалась напряженность, главным образом, благодаря индуцированным токам в s , при этом их сила изменялась в зависимости от настройки резистора r . Следовательно, напряженность,



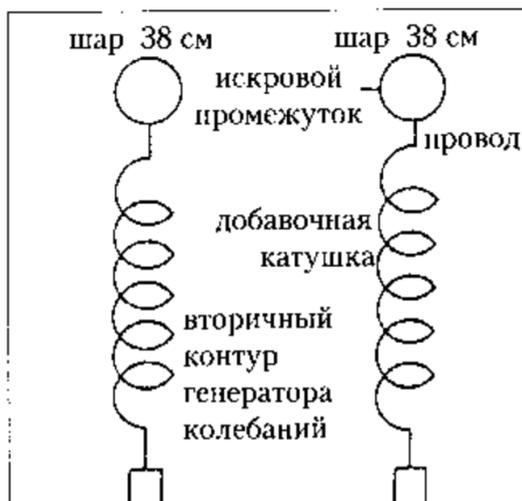
Колорадо-Спрингс

3 сентября, 1899

Продолжение экспериментов с генератором колебаний со схемой подключения, показанной ниже

И добавочная катушка, и вторичный контур были заземлены, а сверху, над каждым из этих компонентов, был помещен шар емкостью 38 см. Шар над добавочной катушкой имел прикрепленный к нему провод, что облегчало иницирование искрового разряда и давало возможность разместить шары на большом расстоянии один от другого. Искровой промежуток составлял приблизительно 8 футов. Так как и вторичный контур генератора колебаний, и добавочная катушка имели одинаковый период колебаний, но смещенную фазу, искровые разряды проскакивали беспрепятственно, и колебания имели такие характеристики благодаря каждому из этих факторов, при этом были предприняты меры, чтобы гармоники не проходили к земле.

Затем к водопроводной трубе была присоединена экспериментальная катушка,



одним концом настроенная на тот же период. Катушка была помещена таким образом, чтобы исключить какое бы то ни было индуктивное воздействие со стороны колебательной системы, с тем чтобы колебания в катушке были обусловлены только теми [колебаниями], которые передаются через водопроводную трубу. Провод катушки был заранее намотан на барабан диаметром приблизительно $25 \frac{1}{4}$ дюйма. Было выполнено 516 витков в один слой проводом № 21 с сопротивлением 45 ом. Эта катушка давала на свободном выходе — при индуктивном воздействии со стороны колебательной системы, которое способствовало колебаниям, — искровой разряд в $\frac{3}{4}$ "; устранение индуктивного воздействия давало искровой разряд длиной по меньшей мере $\frac{3}{8}$ ". Искровой разряд на самой водопроводной трубе был едва заметен, что-то около $\frac{1}{64}$ " в длину, так что катушка увеличивала напряжение во много раз.

В этих условиях важно усилить фактор Lp/R , и в поисках оптимального режима точно такой же провод мы намотали на каркас диаметром $22 \frac{1}{2}$ ", шириной 1", глубиной $1 \frac{1}{2}$ ". Было намотано 18 слоев, в каждом по 28 витков. Теперь индуктивность была почти в 20 раз больше, и так как сопротивление было прежним, Lp/R должно было быть значительно большим. Возникло тем не менее опасение, что эффект распределенной емкости, значительно возросшей, окажется пагубным для увеличения потенциала на выходе. Именно это и произошло, так что вновь со всей неизбежностью встает проблема преодоления распределенной емкости также и в принимающей цепи. Теперь предстоит экспериментально исследовать различные способы решения этой проблемы.

Колорадо-Спрингс

4 сентября, 1899

Экспериментальную катушку намотали на каркас из велосипедного обода диаметром $25 \frac{1}{4}$ "; намотка имела 16 слоев по 28 витков в каждом, всего 448 витков, индуктивность около $\frac{1}{2}$ генри. Намотка была очень плотной с целью исследования эффекта распределенной емкости. Для настройки ее присоединили одним выходом к водопроводной трубе, оставив другой выход свободным. От свободного конца и от водопроводной трубы были сделаны отводы в виде коротких проводов, образующих искровой промежуток. Замерили искровое расстояние от свободного конца до тела экспериментатора, затем от водопровода до тела, далее между двумя проводами и, наконец, с учетом туловища экспериментатора, присоединенного к свободному концу, при условии, что искровой разряд имел место между теми же точками. По мере того, как мы убеждались в том, что колебания в катушке были слишком медленными для наведенных колебаний с [ожидаемым] показателем около 50 000, мы постепенно уменьшали длину провода.

Число витков в катушке	Максимальная длина искрового разряда от свободного конца до экспериментатора	Максимальная длина искрового разряда от выхода на водопроводной трубе до экспериментатора без емкости	Максимальная длина искрового разряда между двумя выходами катушки	Максимальная длина искрового разряда между двумя выходами катушки с экспериментатором в качестве емкости на свободном конце	Выводы
448	$\frac{1}{8}$ "	$\frac{5}{64}$ "	почти не виден	почти не виден	
420	$\frac{1}{8}$ " + d	$\frac{5}{64}$ "	— " —	— " —	
392	$\frac{1}{8}$ " + d	$\frac{5}{64}$ "	— " —	— " —	
364	$\frac{3}{16}$ "	$\frac{3}{16}$ "	— " —	— " —	
336	$\frac{3}{16}$ " + d	$\frac{3}{16}$ "	небольшая искра	более яркая	
308	$\frac{1}{8}$ "	$\frac{3}{16}$ "	— " —	искра большей величины	
294	$\frac{5}{32}$ "	$\frac{5}{32}$ "	— " —	более яркая искра	
280	$\frac{1}{8}$ "	$\frac{1}{8}$ "	— " —	— " —	
266	$\frac{3}{32}$ "	$\frac{3}{32}$ "	— " —	— " —	

Полученные показатели подтверждают пагубное воздействие емкости. Тогда мы подключили последовательно ещё одну катушку. Это была та катушка, которую часто применяли в Нью-Йорке; она была намотана на барабан диаметром 30". В катушке 150 витков, общая длина провода равнялась 1125 футам. Добавленные к ним 266 витков экспериментальной катушки с 6.5 фута на каждый виток составили длину провода экспериментальной катушки, равную 2100 футам, а суммарно мы получили 3225 футов. Это весьма близко к четверти длины волны, как тому и следовало быть. Теперь были получены следующие результаты:

I	II	III	IV	V	Выводы
266 + 150	$\frac{7}{16}$ "	$\frac{3}{32}$ "	$\frac{3}{32}$ "	$\frac{3}{32}$ " интенсивно	

Экспериментальная добавочная катушка

Затем мы продолжили опыты только с экспериментальной катушкой, которые показали:

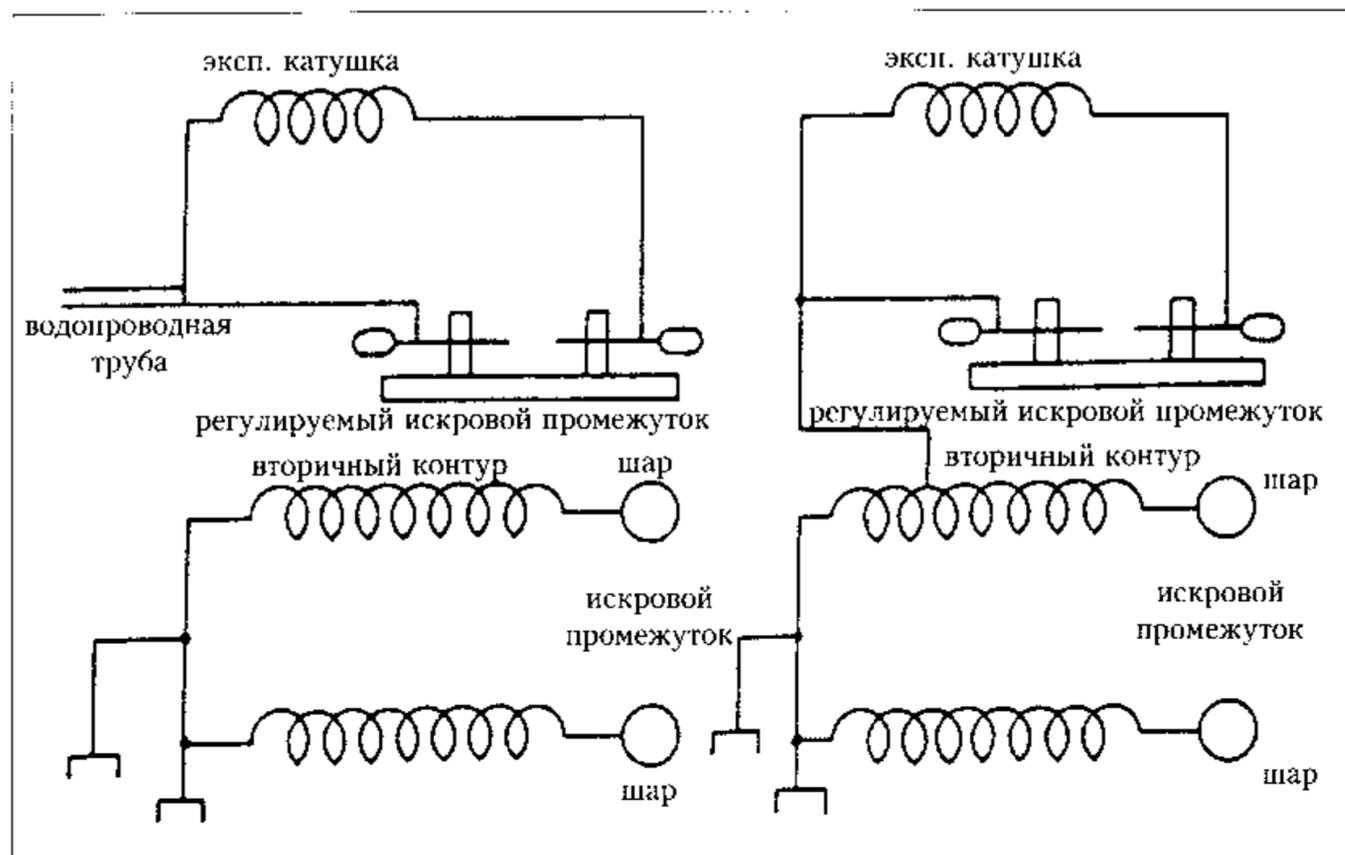
252	$\frac{1}{8}$ "	$\frac{1}{8}$ "	меньше d	небольшая искра	небольшая искра, более яркая	Распределенная емкость со всей очевидностью препятствует повышению на выходе
224	$\frac{3}{32}$ " яркие	$\frac{1}{16}$ "	— " —	— " —	— " —	
196	$\frac{1}{16}$ "	$\frac{1}{16}$ "	меньше d	— " —	— " —	
168	$\frac{1}{16}$ "	$\frac{1}{16}$ "	— " —	практически то же самое		

Для большей наглядности выход катушки, который прежде был соединен с землей (или с водопроводной трубой), мы подключили к проводу, отходящему от одного из витков вторичного контура, точнее от витка, который ближе всего к точке заземления вторичного контура. В предыдущих экспериментах подключение осуществлялось согласно схеме 1, затем мы произвели изменения, как показано в схеме 2. Принципиальных изменений в этом способе соединения не было, только увеличили эдс (исходную), и это облегчило настройку. Я нахожу этот способ идеальным для регулирования катушек. Получили следующие результаты:

I	II	III	IV	V	Вывод
168	$\frac{3}{4}$ "	$\frac{3}{4}$ "	очень небольшая искра	небольшая искра, более яркая	Когда провод перенесли на 19 витков, не было никаких искровых разрядов между стержнями даже при расстоянии $\frac{1}{64}$ ", но когда к свободному концу катушки подносили кисть руки, появлялись искровые разряды длиной $\frac{3}{4}$ ", а затем искры проскакивали между стержнями. Это очевидно и легко объяснимо.
140	$\frac{3}{4}$ "	$\frac{7}{8}$ "	$\frac{1}{16}$ "	— " —	
112	$\frac{5}{8}$ "	1"	сильнее	— " —	
98	$\frac{5}{8}$ "	$\frac{7}{8}$ "	— " —	— " —	
84	$\frac{5}{8}$ "	1"	— " —	— " —	
70	$\frac{5}{8}$ "	1"	— " —	— " —	
56	$\frac{3}{4}$ "	$\frac{3}{4}$ "	— " —	— " —	
42	$\frac{3}{4}$ "	$\frac{7}{8}$ "	гораздо сильнее	гораздо сильнее	
28	$\frac{3}{4}$ "	$\frac{7}{8}$ "	$\frac{5}{16}$ интенсивно	$\frac{3}{16}$	
19	$\frac{3}{4}$ "	$\frac{3}{4}$ "	почти ничего	небольшой искровой разряд	

Основные выводы, сделанные ранее, нашли обоснованное подтверждение благодаря этим экспериментам.

Они доказали: 1) распределенную емкость следует устранять во что бы то ни стало; 2) длина провода должна составлять одну четверть длины волны; 3) последний способ регулировки оказался наилучшим; 4) гармоники явно проявляются даже в условиях этих экспериментов (в экспериментальной катушке наибольший искровой разряд между двумя выходами катушки происходил, когда длина провода равнялась 200 футам, а это составляло как раз $\frac{1}{16}$ длины вторичного контура); 5) во избежание биения чрезвычайно важно настраивать вторичный контур и добавочную катушку таким образом, чтобы их периоды полностью совпадали.



Колорадо-Спрингс

5 сентября, 1899

Заново намотали экспериментальную катушку на старый барабан высотой 4 фута. Использовали провод № 18 и небольшой отрезок провода № 20, покрытого воском.

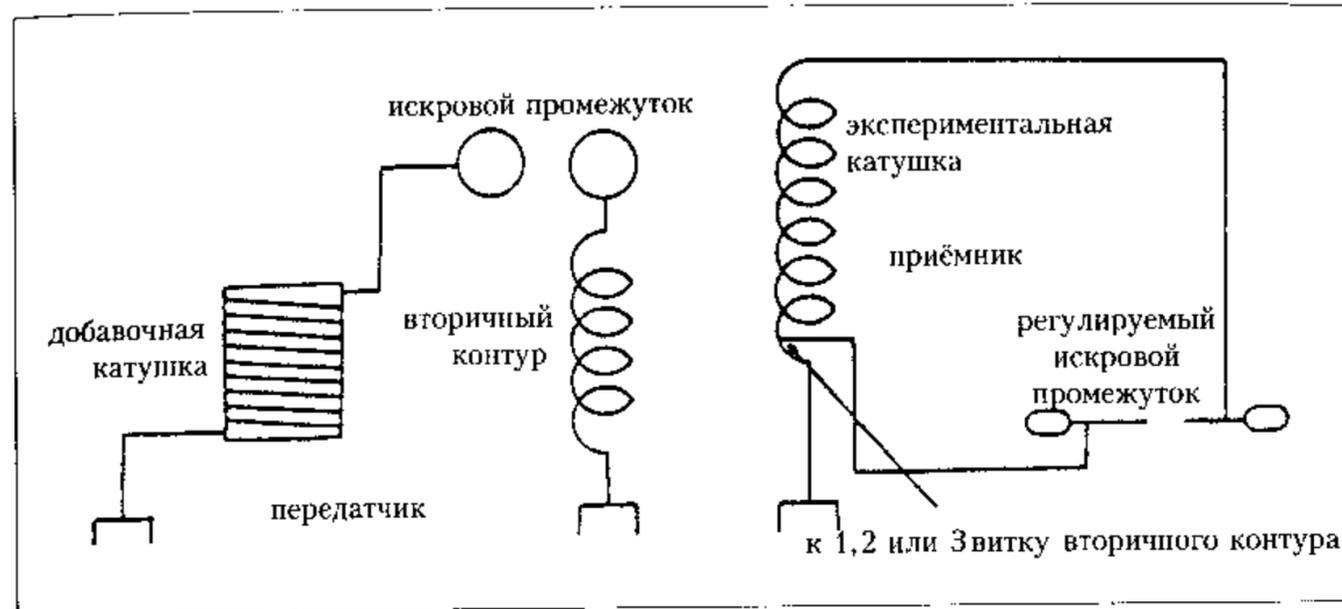
Витков	{ 476 № 18 49 № 20 }	Суммарно 516
--------	-------------------------	--------------

Схема соединений:

Катушка имела длину, почти равную 1/4 длины волны, и сразу же заработала хорошо. Мы наблюдали искровой разряд длиной в 6" от свободного конца, а также между обоими концами катушки. Разряд, вероятно, был бы длиннее, но это был предел возможного для настройки промежутка.

Точные замеры длины искрового разряда, доходившего до экспериментатора, показали, что разряд от генератора колебаний имел длину 1 1/8", в то время как разряд от свободного конца катушки имел длину 5", что превышало более чем в 4 раза первое значение.

Так, мы считали, что тело экспериментатора имеет слишком большую емкость и потому воздействует на колебания экспериментальной катушки, уменьшая потенциал и в то же время не оказывая заметного влияния на мощный осциллятор. Мы установили шар на изолирующей подставке и продол-



жили измерение длины искрового разряда при этих условиях. В случае, когда шар имел 4" в диаметре, длина искрового разряда на выходе осциллятора была 1 1/2", в то время как на свободном конце экспериментальной катушки его длина составляла 4". Затем мы задействовали еще меньшую емкость, полагая, что 4-дюймовый шар слишком большой, но эксперименты показали противоположный результат. Мы исходили из того, что длина волны, получаемая от сложения длин волн осциллятора и добавочной катушки, должна превышать длину провода на экспериментальной катушке. Это навело на мысль об определенных преимуществах длинных волн, допускающих большую длину провода, который можно намотать на экспериментальную катушку, что в определенных случаях гораздо эффективнее более высокого усиливающего фактора, который дает короткие волны.

Далее мы опробовали подключение ко второму, а затем опять к первому витку вторичного контура генератора колебаний и, поскольку именно в этом случае эффект был чрезвычайно силен, мы выполнили соединение с водопроводной трубой с целью уменьшения эдс. Но и теперь стримеры перекрывали искровой промежуток. Тогда мы продолжили эксперименты с несколькими шарами. Результаты таковы:

Витков в экспериментальной катушке	Искровой разряд на выходе генератора	Искровой разряд на свободном выходе	Искровой разряд между зажимами	Диаметр шара
516	3/8"	1 1/2"	3 3/8"	без шара
516	1/8"	3/8"	5/8"	18"
516	3/16"	9/16"	1 1/2"	8"
516	5/16"	15/16"	1 7/8"	5"

Теперь надо было найти способ увеличения напряжения, и мы отследили искровые разряды на водопроводной трубе и на свободном конце катушки и

сравнили их длины. На водопроводной трубе длина разряда составила $1/64$ " , а на свободном выходе — $1 1/2$ ". Это логично, но катушка всё-таки не вполне хорошо настроена. После более тщательной регулировки разряд на трубе оказался $1/100$ " длиной, а на свободном выходе катушки — 2". Это был вполне удовлетворительный результат, но далеко не лучший.

Последующая еще более точная настройка позволила получить между стержнями искровой разряд длиной $2 1/4$ " , а с экспериментатором в качестве емкости на свободном стержне, ни с чем не соединенном, длина разряда составила $3 3/4$ ". Емкость в первичной колебательной цепи состояла на этот раз из

5 резервуаров на каждой стороне и блока индуктивности с 7 витками.

Такая емкость не обеспечивала оптимальные колебания передатчика, которые были несколько замедленными, но соответствовали катушке, и нам не пришлось предпринимать дополнительных усилий для улучшения настройки путем увеличения числа витков на экспериментальной катушке.

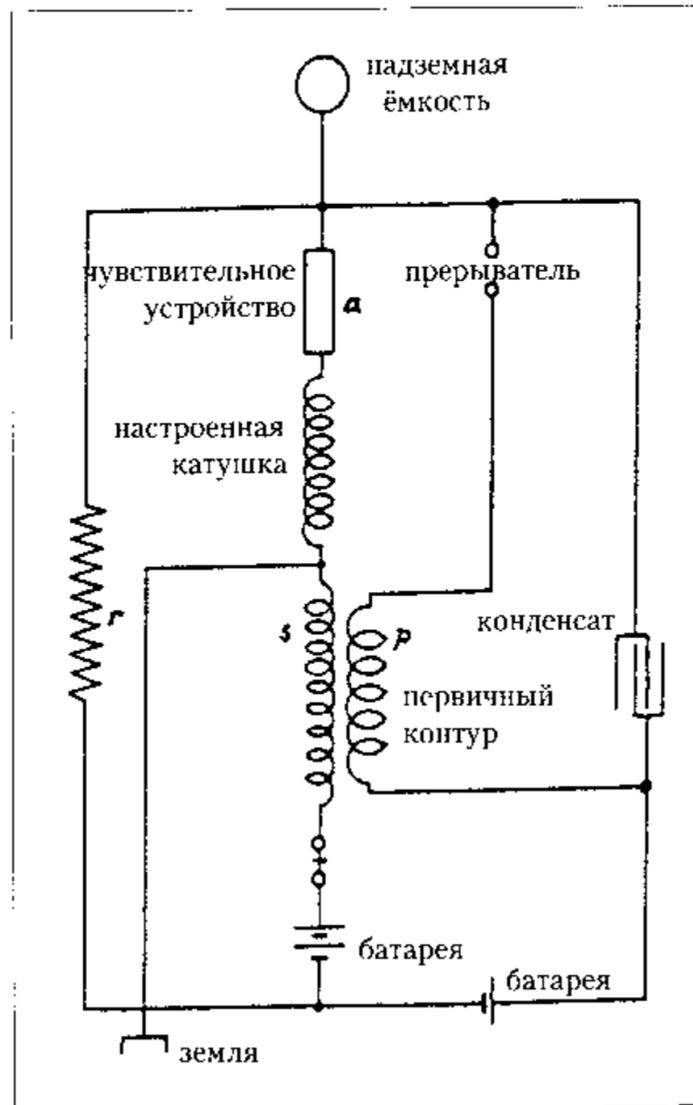
Не следует упускать из внимания то важное обстоятельство, что экспериментальная катушка реагировала без единого искрового разряда между шарами осциллятора. Для нас было совершенно очевидно, что, несмотря на то что в процессе настройки экспериментальную катушку поместили таким образом, чтобы избежать индукции от первичной системы, она всё-таки проявлялась в какой-то мере.

Чтобы определить величину индуцированной эдс, мы попробовали получить искровой разряд сначала между зажимами катушки без заземления, и величина разряда была около $1/64$ ".

Затем мы перевернули катушку таким образом, чтобы наведенная эдс противодействовала эдс, передаваемой непосредственно через водопроводную трубу, и оказалось, что искровой разряд размером в 1" всё-таки образуется между стержнями. И он, вероятно, был бы длиннее, если бы ни то обстоятельство, что на конец катушки оказывала влияние находившаяся поблизости металлическая раковина. Так как с этим ничего нельзя было

сделать, мы могли получить только приблизительный результат, который говорил, что эдс, индуцированная от первичной системы, не играла какой-либо существенной роли в росте напряжения на свободном выходе экспериментальной катушки.

Далее катушку (объект эксперимента) вынесли из здания и один конец соединили с водопроводной трубой, пересекавшей поле. На расстоянии 250 футов от лаборатории, или скорее от места заземления вторичного контура, мы наблюдали разряд длиной $1/4$ " между стержнями, а когда к телу экспериментатора присоединили изолированный стержень, длина разряда составила 1". На расстоянии 400 футов разряд без емкости всё еще доходил до $1/8$ " , а с емкостью в виде экспериментатора составлял $1/2$ " , несмотря на то что в одном месте труба находилась в земле на глубине 30 футов. На этом расстоянии перед точкой соединения ощущались сильные удары.



поделать, мы могли получить только приблизительный результат, который говорил, что эдс, индуцированная от первичной системы, не играла какой-либо существенной роли в росте напряжения на свободном выходе экспериментальной катушки.

Далее катушку (объект эксперимента) вынесли из здания и один конец соединили с водопроводной трубой, пересекавшей поле. На расстоянии 250 футов от лаборатории, или скорее от места заземления вторичного контура, мы наблюдали разряд длиной $1/4$ " между стержнями, а когда к телу экспериментатора присоединили изолированный стержень, длина разряда составила 1". На расстоянии 400 футов разряд без емкости всё еще доходил до $1/8$ " , а с емкостью в виде экспериментатора составлял $1/2$ " , несмотря на то что в одном месте труба находилась в земле на глубине 30 футов. На этом расстоянии перед точкой соединения ощущались сильные удары.

Поскольку эксперименты продемонстрировали весьма вредоносное, если не фатальное, воздействие распределенной емкости на полноценную работу настроенных катушек, то в поисках приемлемого решения мы остановились на намотке, которая создает очень небольшую емкость, и предполагает, таким образом, максимально возможную длину провода и самый высокий потенциал на свободном конце без какой бы то ни было емкости. Нет нужды в емкости на конце, поскольку свободный вывод соединен с чувствительным устройством практически без емкости. Так как нашей целью было получение максимально возможного роста напряжения на этом устройстве, то намного выгоднее настраивать [его] для работы в режиме отсутствия емкости на свободном конце, поскольку любая емкость могла бы вызвать уменьшение напряжения, потому что количество энергии было неизменным. Однако с такого рода намоткой настроенная катушка была не вполне адекватна, чтобы ее можно было использовать одновременно в качестве вторичного контура индукционной катушки. Чтобы найти применение прежнему аппарату, мы в конце концов применили схему подключения, показанную на чертеже слева, которая зарекомендовала себя с наилучшей стороны.

Колорадо-Спрингс

6 сентября, 1899

Экспериментальная катушка для коротковолнового приёмного аппарата

Она представляет собой следующее: добавочная катушка, неоднократно описанная, последовательно подключена к вторичному контуру генератора колебаний (при этом оба компонента были сначала настроены на один и тот же период) таким образом, чтобы узловая точка приходилась на место соединения.

Напряжение на зажиме добавочной катушки (шар емкостью 38 см) превышало 3 миллиона вольт, о чем свидетельствовали стримеры, исходящие от шара. На некотором расстоянии от добавочной катушки (8 футов) установили еще один шар емкостью 38 см, и соединили этот шар отрезком толстого провода в 400 000 круговых миль с землей. Длина провода — 120 футов, и он был не прямой, а образовывал 3 небольших витка диаметром около 4 футов.

Остальная часть была практически прямой. Так как шар, соединенный с толстым кабелем, невозможно было поднять на ту же высоту, что и другой шар того же размера, расположенный сверху над добавочной катушкой, искровой промежуток был размещен в месте, указанном в чертеже. Малый шар соединили с проводом, ведущим наверх, и он оказался примерно на одной высоте с большим шаром, соединенным с толстым кабелем. При расчете колебаний системы, включающей в себя большой шар и толстый кабель, идущий к земле, мы, в данном случае, исходили из того, что большой кабель прямой, и индуктивность, вычисленная на основе таких исходных данных, будет, конечно, иметь меньшее значение, но мы сочли его достаточным для получения представления о том, сколько провода следует намотать на принимающую катушку. Допустим, что кабель прямой, тогда мы имеем

$$L_s = 2l \left(\log_e \frac{2l}{r} - 0.75 \right)$$

$$2l = 240 \text{ футов} = 7315 \text{ см приблизительно}$$

$$r = 0.64$$

$$\frac{2l}{r} \text{ приблизительно } 11600$$

$$\log_e \frac{2l}{r} = 9.6$$

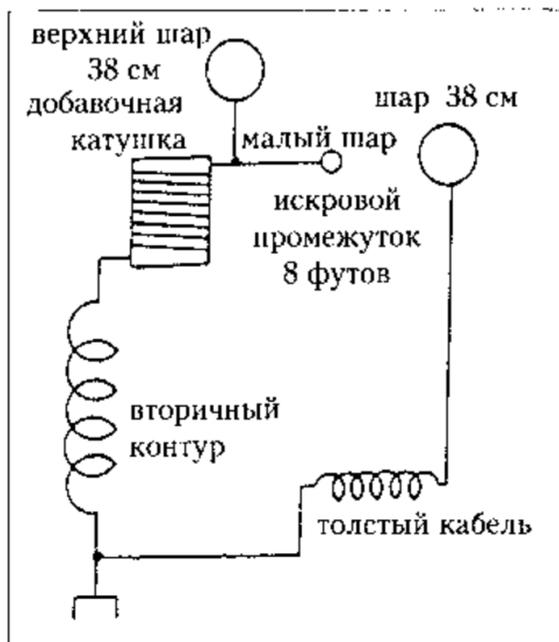
$$n = 3 \times 10^6$$

Эти значения дали приблизительно 66 000 см = L_s . Отсюда

$$T = \frac{2\pi}{1000} \sqrt{\frac{38}{9 \times 10^5} \times \frac{66}{10^6}}$$

$$T = \frac{1}{3 \times 10^6} \text{ приблизительно.}$$

Тогда λ составит $186000 = 3 \times 10^6 = 0.062$ мили, или 3273 фута. Допустим, $\lambda/4 = 3280/4 = 820$ футов. Такова должна быть длина провода.



намотанного на барабан диаметром 10". Следовательно, нам нужно, по крайней мере, 328 витков.

Колорадо-Спрингс

7 сентября, 1899

Новая экспериментальная катушка с намоткой из 400 витков на прежнем барабане диаметром 10", длиной 66"

После присоединения к водопроводной трубе на свободном конце катушки появился искровой разряд в $5/8$ ". Чтобы определить, не больше ли длина волны, мы добавили 72 витка, и искровые разряды стали, несомненно, сильнее. Однако следующие 50 витков ослабили эффект. Тогда мы сделали расчет индуктивности, чтобы уточнить предполагаемую длину волны и получили L , приблизительно равную 2000 000 см. Так как при таком значении L емкость должна быть, несомненно, гораздо меньшей, чем у катушки, можно было без риска снизить длину провода. Постепенное уменьшение длины провода увеличивало длину искрового разряда до тех пор, пока при 405 витках и емкости в 15 кв. дюймов оловянной фольги не появился разряд длиной около 1". Расчет на основе длины провода показал, что $\lambda/4$ составила приблизительно 1010 футов, что дало приблизительно значение $n = 245500$ в секунду.

Так как присутствовала вероятность спутать истинные колебания с гармоникой, мы снимали провод отрезками определенной длины. При 270 витках и небольшой емкости на конце эффект был всё еще значительный. Начиная с этого момента наблюдался спад.

Тогда мы сняли провод № 20 и вместо него намотали № 18, чтобы исследовать эффект уменьшившегося сопротивления. Новую экспериментальную катушку намотали на использованный ранее барабан диаметром 10". Согласно оценкам, для описанной выше колебательной системы, состоящей из шара емкостью 38 см и провода длиной 120 футов с 400 000 круговых миль, нам потребуется примерно 400–420 витков. Имевшегося у нас провода хватало



на 495 витков. Искровой разряд измеряли относительно положения тела экспериментатора, сразу же определяя результат с помощью несложного приспособления, состоящего из небольшой линейки из изоляционного материала и металлической полосы, положение которой относительно конца изолирующей линейки можно было регулировать. Металлическую полосу держали в руке, а конец изолирующей линейки почти касался провода, образующего свободный зажим катушки, оптимальное положение которой было определено со всей точностью таким образом, чтобы не было индуцированной эдс от первичного контура, но чтобы катушка могла возбуждаться только через заземление. Подключение катушки и способ измерения длины искрового разряда показаны на схеме.

Результаты:

Кол-во витков	Искровой разряд, направленный к экспериментатору	Искровой разряд, направленный к экспериментатору, с подключением небольшой емкости к концу провода
495	$\frac{3}{8}$ "	Намного меньше
470	$\frac{7}{16}$ "	— " —
460	$\frac{7}{16} + \frac{1}{64}$ "	— " —
450	$\frac{7}{16} + \frac{1}{32}$ "	— " —
440	$\frac{9}{16}$ "	$\frac{1}{2}$ "
435	$\frac{9}{16}$ "	$\frac{1}{2}$ "
430	почти $\frac{11}{16}$ "	$\frac{1}{2}$ "
425	$\frac{3}{4}$ "	$\frac{1}{2}$ "
420	$\frac{3}{4}$ " точно	$\frac{1}{2}$ "
415	$\frac{7}{8}$ "	$\frac{1}{2}$ "
410	1"	$\frac{9}{16}$ "
405	$\frac{13}{16}$ "	$\frac{5}{8}$ "

При 405 витках мы почти достигли предела. При 400 витках искровой разряд составлял $1 \frac{1}{4}$ " без емкости и с оловянной фольгой на проводе $-\frac{5}{8}$ "; при 395 витках первый показатель равнялся $1 \frac{1}{4}$ ", второй $-\frac{5}{8}$ ", такая же картина при 390 витках, практически то же самое при 385 витках. Всё-таки системе нужна небольшая емкость, поскольку, когда рука находилась на расстоянии около одного фута, можно было получать искровой разряд в $1 \frac{3}{8}$ ".

Из этих данных можно получить длину волны.

Колорадо-Спрингс

8 сентября, 1899

В нескольких предыдущих экспериментах мы применяли катушки, намотанные на барабан диаметром 10", но не измеряли индуктивное сопротивление, так как слишком часто производили замены. Следующие данные, полученные на новой катушке, специально смонтированной, могут оказаться полезными в связи с предыдущими экспериментами.

Катушка намотана на новый барабан диаметром $10 \frac{5}{16}$ ", длиной $41 \frac{1}{4}$ " и имела 550 витков провода № 18 с парафиновым покрытием.

Данные для расчета индуктивности:

диаметр катушки $d = 10 \frac{5}{16}$ " = 10.3125" = 26.19 см

$S = \pi/4 d^2 = 0.7854 \times 685.9 = 538.7$ кв. см

$l = 41.25$ " = 104.77 см

$N = 550$

$N^2 = 302500$

$$L = \frac{4\pi}{l} N^2 S = \frac{12.5664 \times 302500 \times 538.7}{104.77} = 12.5664 \times 302500 \times 5.14$$

$L = 19538800$ см, или 0.019539 генри приблизительно.

Были получены следующие показатели для измерения индуктивности:

E	I	ω	R	среднее трех показаний практически то же самое.
117	6.2	880	9.586	

Отсюда

$$\frac{E}{I} = \frac{117}{6.2} = 19 \text{ приблизительно}$$

$$\left(\frac{E}{I}\right)^2 = 361 \quad R^2 = 91.89$$

$$\left(\frac{E}{I}\right)^2 - R^2 = 269.11$$

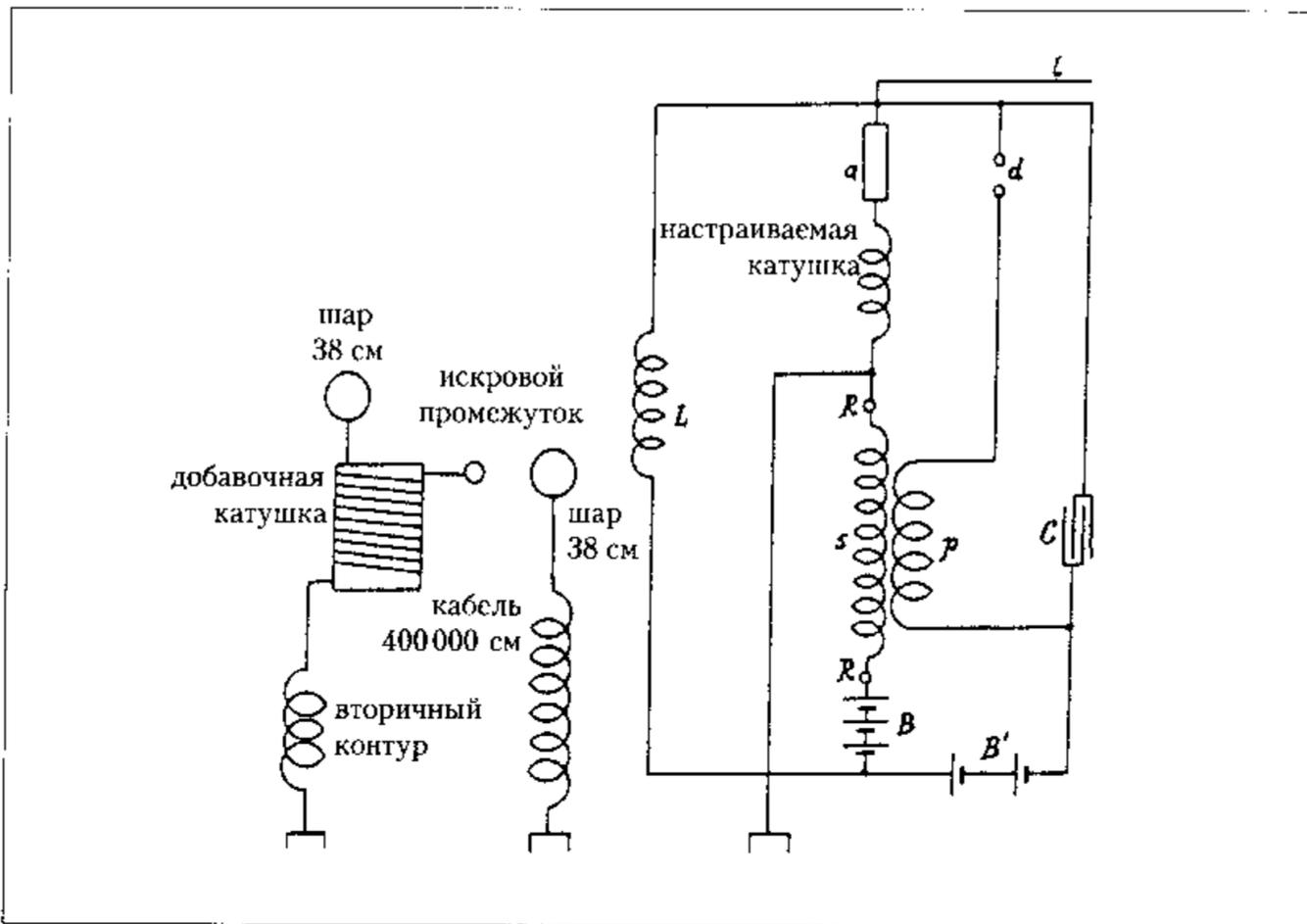
$$L = \frac{\sqrt{269.11}}{880} = \frac{16.41}{880},$$

или $L = 0.01865$ генри = 18650000 см.

Колорадо-Спрингс

11 сентября, 1899

Продолжали эксперименты с описанной выше установкой и наблюдали внешние проявления на исследуемом расстоянии, имея основной целью



определение узловых точек на поверхности земли. Мы применили передающий блок, который производил более частые колебания и в который мы внесли изменения, указанные в левой части схемы.

Исследуемое устройство состояло из 10" барабана, о котором говорилось выше, обмотки из 395 витков провода № 18 B&S, а для увеличения усиливающего фактора был наложен еще один слой сверху, что удвоило сечение. Оказалось, что идея двойной намотки не самая лучшая, потому что эдс в обоих проводах, вероятно, различна, что затрудняет настройку. Схема подключения аппарата показана на правом рисунке.

Вторичная обмотка индукционной катушки подключена между двумя опорами приемного устройства для удобства реверсирования. Катушка с высокой индуктивностью L обеспечивала начальное возбуждение, но установка работала также и без нее. Батареи B и B' подключали и тем же способом, и встречно, при этом первый способ давал лучшие результаты. Испытания показали, что без какой бы то ни было емкости, или провода l , возмущения регистрировались на расстоянии около одной мили, достаточно лишь одного заземления, так как волны были пока еще довольно длинными, почти 4000 футов приблизительно.

Колорадо-Спрингс

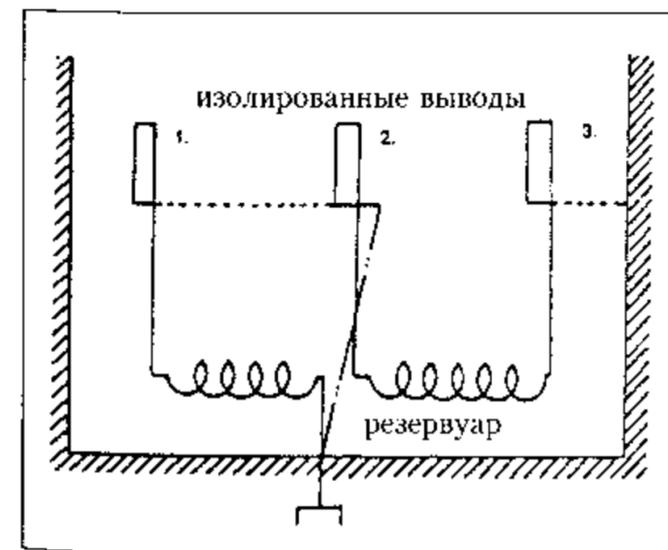
12 сентября, 1899

После внесения некоторых изменений в поисках лучшего решения мы возобновили эксперименты. Вторичный контур уменьшили до 26 витков и настройку произвели таким образом, чтобы в блоке индуктивности оставалась лишь небольшая индуктивность и при этом были задействованы все резервуары. Оптимальный режим достигнут с 8 резервуарами на каждой стороне и [катушкой] индуктивности на шестом витке. Добавочная катушка была теперь настроена на ту же частоту колебаний. Так как с поднятым на высоту шаром колебания стали несколько замедленными для вторичного контура, шар опустили примерно наполовину высоты подъема, при этом резонанс появлялся почти при той же емкости и самоиндукции в первичном контуре, которые соотносились с колебаниями во вторичном. Несмотря на то что согласование было не совсем полным, результаты были замечательные. От верхнего шара емкостью 38 см исходили стримеры с той же легкостью, как если бы это был маленький шар, что свидетельствовало о том, что эдс была в значительной степени в избытке, возможно, неоднократно достигала 3 миллионов вольт, необходимых для образования стримеров, исходящих из шара с таким радиусом кривизны.

Колорадо-Спрингс

13 сентября, 1899

Произвели следующие изменения в трансформаторе Вестингауза. Разрезали провод посередине и соединили обе части, как показано на схеме: конец первой половины подключили к резервуару, который, как и раньше, оставался заземленным. Вторую половину оставили как есть.



Этот способ подключения позволил использовать преимущество соединения обеих частей путем получения множественных дуг в 22 500 вольт или 30 000 вольт, что удваивало нагрузку по току. Мы посчитали этот метод рациональным, так как одна половина, задействованная прежде, недостаточно быстро заряжала сосуды до нужного уровня, о чем свидетельствовали замеры и расчеты констант. Когда в образовании многократно повторяющейся дуги задействованы [две] части,

соединение осуществляется пунктирными линиями. Когда было предпочтительнее применить прежнее подключение, пунктирные соединения убирались, и подключение осуществлялось по схеме, обозначенной так (—''—).

Сегодня мы произвели еще одно изменение, заменив 5" шкив на электродвигателе переменного тока на 6" шкив. В результате это дает

$6/2 \times (2100 \times 40)/60 = 4200$ прерываний в секунду. Пробные испытания дали лучшие результаты со вторичным контуром генератора колебаний и 8 резервуарами на каждой стороне индуктивности, 6 витков. По всей длине верхнего провода, который мы сегодня подняли, наблюдались стримеры, очень мощные, намного превосходящие прежние.

Колорадо-Спрингс

14 сентября, 1899

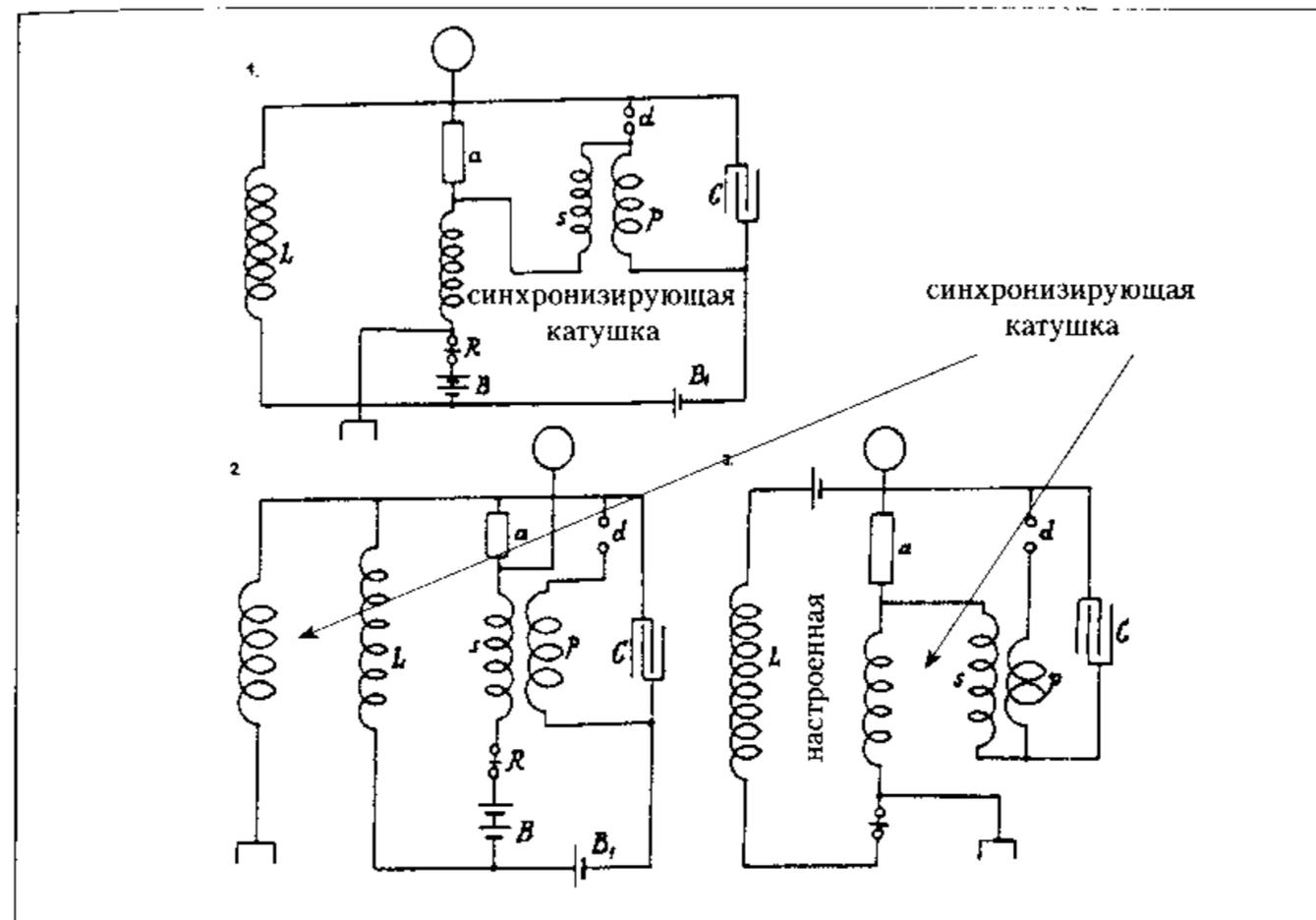
Продолжение экспериментов с целью завершения настройки вторичного контура и добавочной катушки с использованием шара, поднятого на максимально возможную высоту

Мы выяснили, что емкость, которую необходимо иметь в первичном контуре с добавочной катушкой для образования резонанса, увеличилась на 25%, когда высота подъема шара была увеличена примерно наполовину. Это дало основу для расчетов, которые доказали, что с шаром, поднятым на максимально возможную высоту, с добавочной катушки нужно удалить примерно 10 витков для получения колебаний с прежними характеристиками. В итоге было снято почти одиннадцать витков и оказалось, что проявившиеся колебания были очень близки к расчетным. Для достижения резонанса вторичного контура были задействованы все сосуды, или резервуары (8 на каждой стороне), и 6 витков индуктивности, в то время как резонанс добавочной катушки с поднятым шаром также имел место при использовании всех резервуаров и 4 витков индуктивности. Катушка всё-таки работала несколько быстрее, чем вторичный контур. Когда оба эти компонента соединены последовательно, мы получаем впечатляющие результаты: стримеры от шара достигали 12 футов. Для получения наилучшего результата нужно установить индуктивность катушки средней величины, но, хотя при имевшемся числе витков (около 4) и вторичный контур, и добавочная катушка, каждый компонент в отдельности, были ослаблены, их общий эффект гораздо сильнее. Это доказывало важность очень точной настройки.

Колорадо-Спрингс

15 сентября, 1899

Так как конструктивные особенности установки не позволяли изолировать чувствительное устройство от прерывателя при проведении некоторых экспериментов такого рода, мы предприняли ряд мер, исключая эту необходимость. Некоторые из них приводятся ниже.



Эти схемы понятны без пояснений. Во всех схемах и вторичная обмотка, и синхронизирующая катушка имеют свободные концы, предназначенные для того, чтобы можно было приложить большое напряжение. Мы увидели в этом немалое преимущество, оно же проявилось и в конструкции резонирующей катушки, в которой распределенная емкость уменьшилась до минимума.

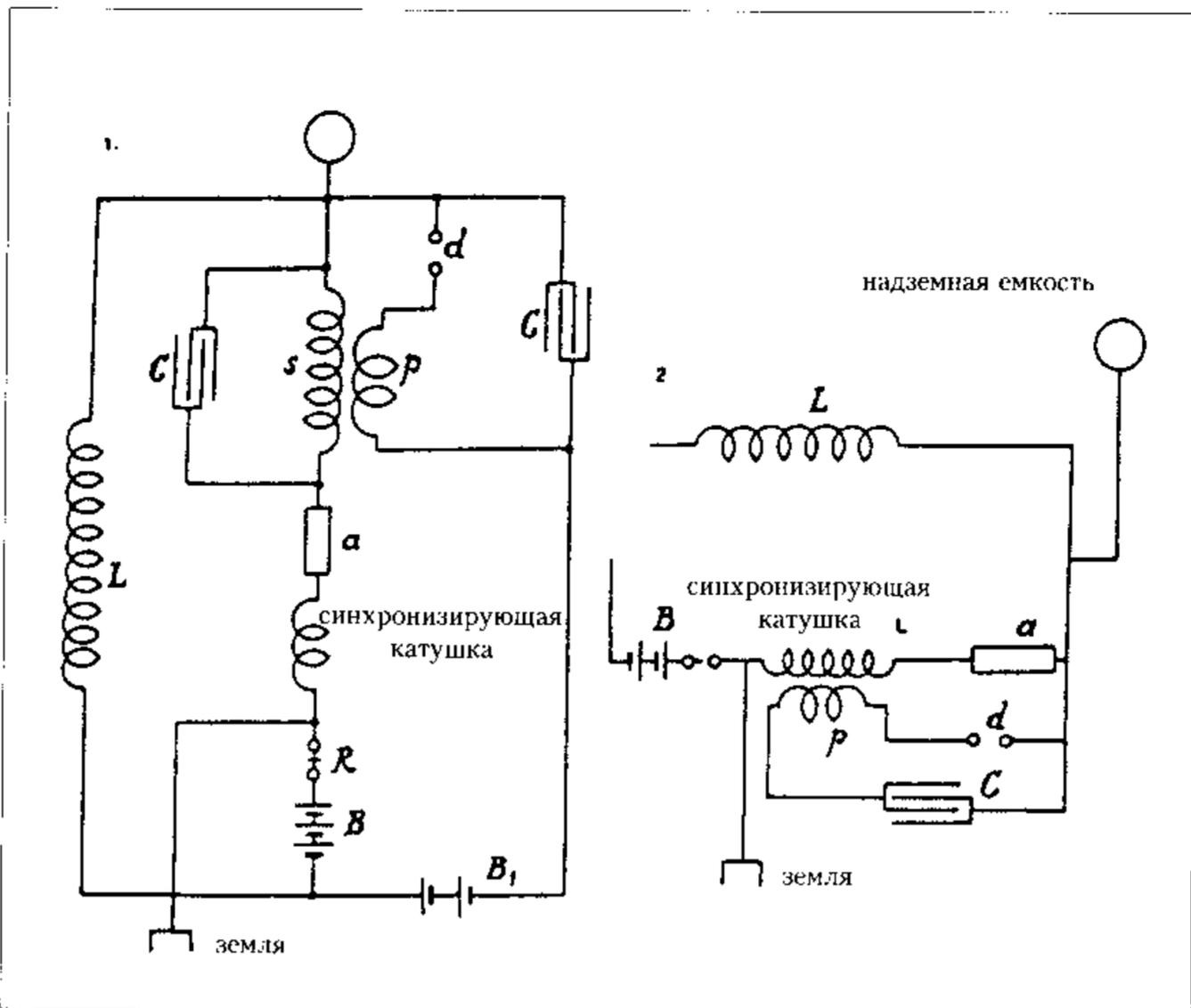
В некоторых из вышеприведенных устройств вторичная обмотка исключена, а для создания первичного возбуждения применяется часть синхронизирующей катушки. В ходе этих экспериментов выяснилось, что для получения наилучших результатов первичная обмотка должна всегда находиться со стороны, близкой к заземлению, так как иначе влияние первичной обмотки будет значительно возрастать. В одном случае мы получили исключительно хорошие результаты с коэффициентом трансформации 1 : 250, то есть с двумя витками в первичной обмотке и 500 витками в синхронизирующей катушке.

Колорадо-Спрингс

16 сентября, 1899

Дальнейшие эксперименты убедили в необходимости применения одного из двух представленных на схеме устройств в зависимости от того, используем ли мы независимую катушку индуктивности или нет.

Индукционная катушка дает то преимущество, что нет необходимости заниматься синхронизирующей катушкой, а аппарат становится удобным для работы с любой катушкой. С другой стороны, применение синхронизирующей катушки как таковой имеет важнейшее преимущество, состоящее в том, что катушка совершенно незамкнута. Это последнее преимущество в большой степени обеспечивается также и применением независимой катушки индуктивности, как это показано в схеме 1: буквенные обозначения такие же, как в предыдущих схемах. Малый конденсатор C_1 подключен ко вторичной обмотке, что делает возможным свободное прохождение токов высокой частоты от земли через синхронизирующую катушку к чувствительному устройству и проводу или надземной емкости.



Вторая схема показывает способ подключения, в котором синхронизирующая катушка по сути используется в качестве вторичной обмотки индукционной катушки. В этом случае первичный контур, имеющий примерно от 1 до 5 витков, помещается около провода заземления, и настройка распространяется на всю установку со всеми смонтированными компонентами, за исключением чувствительного устройства.

Судя по испытаниям, это, по-видимому, наилучший вариант на данный момент.

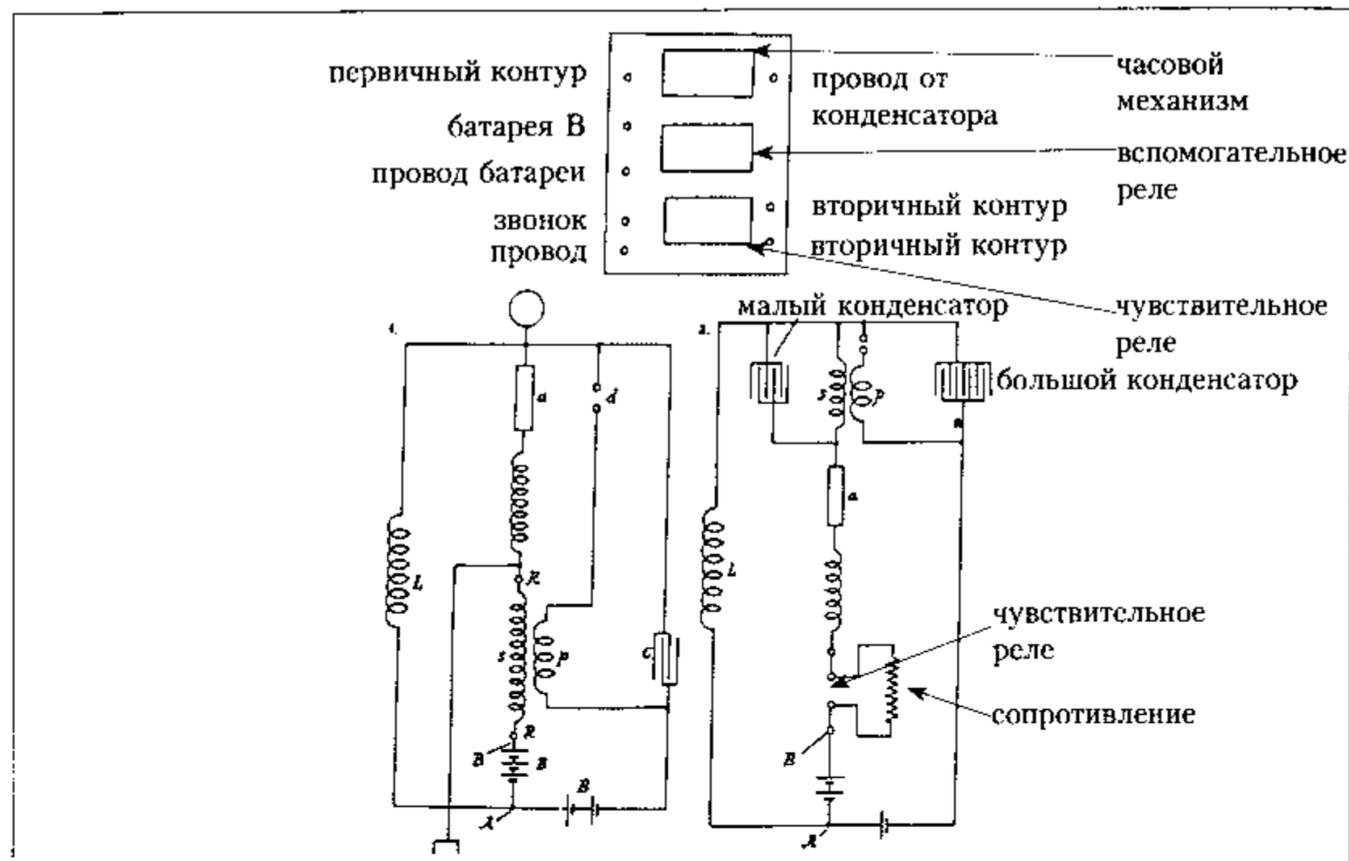
Примечание. Иногда мы помещали еще одну батарею в цепь синхронизирующей катушки (это не показано на схеме).

Колорадо-Спрингс

17 сентября, 1899

Чтобы приспособить два бокса, изготовленные некоторое время назад для размещения [в них] принимающих устройств, для их свободного перемещения мы применили ряд соединений. Ширина боксов 9", длина 14" и полная высота 10". В более низкой части мы разместили индукционную катушку, батареи, конденсатор, сопротивления. Чтобы закрыть эту часть, сверху установили крышку, а на ней смонтировали чувствительное реле, часовой механизм, приводящий в действие прерыватель и чувствительное устройство, а также специальную цепь для прерывающего устройства. Эти боксы были сделаны исключительно для наружных исследований и подобных работ. Синхронизирующую катушку мы в одном случае намотали на барабан диаметром 10" и высотой около 4 футов от земли, и сверху на нем укрепили настил, который может служить полкой для размещения камеры с приборами и опорой для легкой штанги, несущей надземный провод или емкость. В другом варианте аппарата синхронизирующую катушку намотали на барабан диаметром 2 фута и высотой 18", опирающийся на штатив от фотоаппарата.

Эти два способа подключения, представленные на схемах 1 и 2, оказались, как выяснилось, наиболее подходящими. Малый конденсатор, включенный параллельно вторичному контуру s , заключал в себе лишь несколько пластин слюды и оловянной фольги, достаточных для беспрепятственного прохождения токов с частотой 50 000 в секунду.



Колорадо-Спрингс

18 сентября, 1899

Продолжение экспериментов со всеми установленными трансформаторами, скоростным прерывателем и соединением посредством многократной дуги трансформатора Вестингауза

Цель экспериментов — дополнительные замеры интенсивности колебаний, особенно если они образуются без участия искрового разряда. Мы применили подключение, показанное на схеме. Предполагалось, что в устройстве, описанном выше, возмущения должны генерироваться более экономично, чем при использовании искрового разряда. Эксперименты подтверждают это в полной мере. Во время опытов емкость из двух шаров диаметром 18" не оказывала существенного воздействия на настройки и период цепи. Так и должно происходить; что касается вторичного контура, емкость была слишком маленькой, с другой стороны, независимые колебания добавочной катушки не оказывали существенного влияния, поскольку конденсатор, образуемый двумя шарами и цинковой пластиной, допускал свободное прохождение токов к земле. Теперь важно выбрать лучший вариант длины добавочной катушки — половину волны или четверть волны, как раньше. Это потребует тщательных исследований. Всё работало идеально с $1/4$ длины волны.



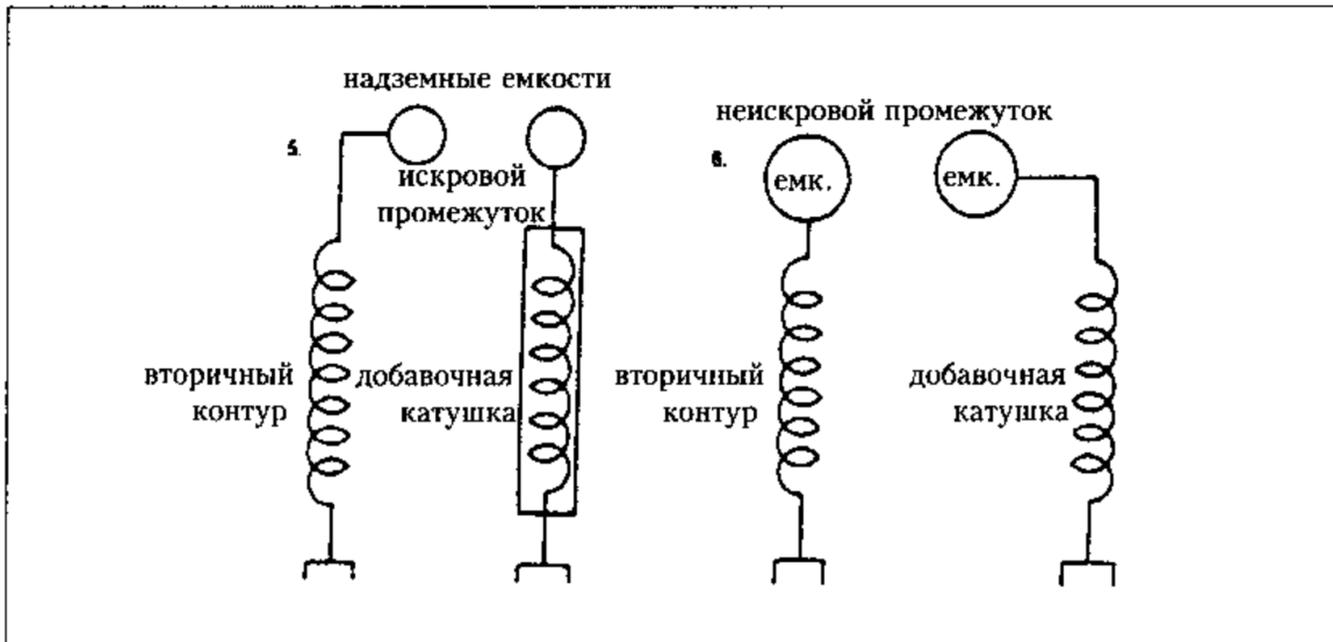
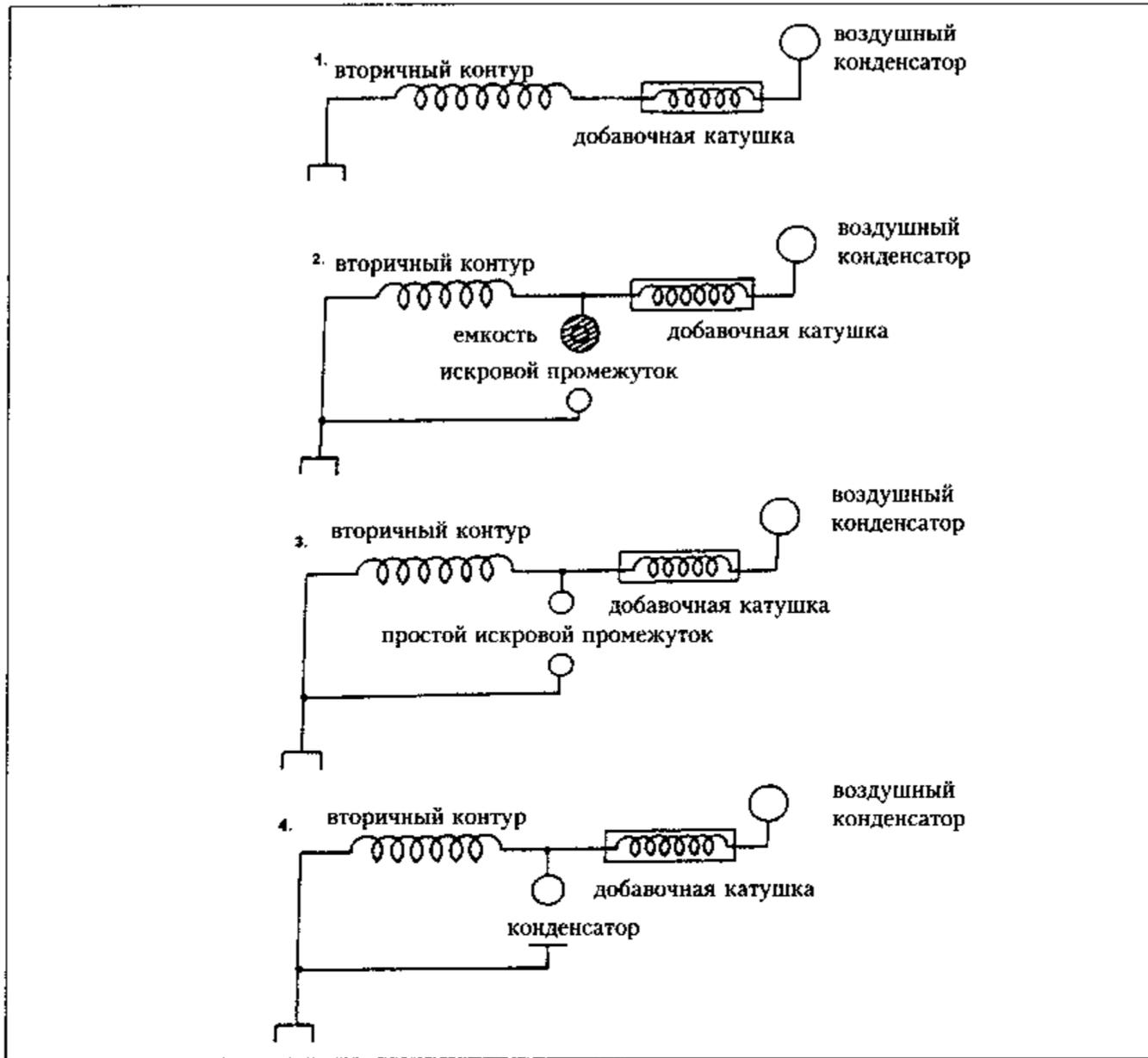
Колорадо-Спрингс

19 сентября, 1899

Различные варианты компоновок с генератором колебаний и добавочной катушкой с целью получения максимально мощных возмущений

Все эти варианты уже были опробованы в экспериментах и описаны выше, и проект, представленный в схеме 4, является, по всей видимости, лучшим на данный момент. В схеме 1 добавочная катушка служит лишь средством увеличения напряжения на конце. В схемах 2 и 3 колебания, проходящие через землю, усиливаются благодаря добавочной катушке, которая находится непосредственно на земле и осуществляет свое воздействие или с помощью промежутка с емкостью, или без него. И в том и в другом случае, как оказалось, очень большое значение имела синхронность колебаний обеих систем. Эти соображения применимы также и к схемам 4, 5 и 6. Вариант в схеме 4 оказался наилучшим, вопрос лишь в том, какова должна быть оптимальная длина проводов.

Каждый раз, когда вторичный контур и добавочная катушка имеют длину провода, равную одной четверти длины волны, воздействие на конденсатор не является максимальным. С добавочной катушкой в $1/2$ длины волны и вторичным контуром в $1/4$ происходит совместное воздействие на конденсатор, создающее на шаре значительно более высокое напряжение. Это соотношение, представленное в схеме 4, оказалось наилучшим. В схемах 5 и 6 в силу очевидных причин, как выяснилось, лучше всего сделать добавочную катушку в $3/4$ длины волны, а вторичный контур в $1/4$.



Описание упрощенного типа генератора колебаний, более всего подходящего для использования в телеграфии, подобного тому, который демонстрировался перед членами Американской академии наук

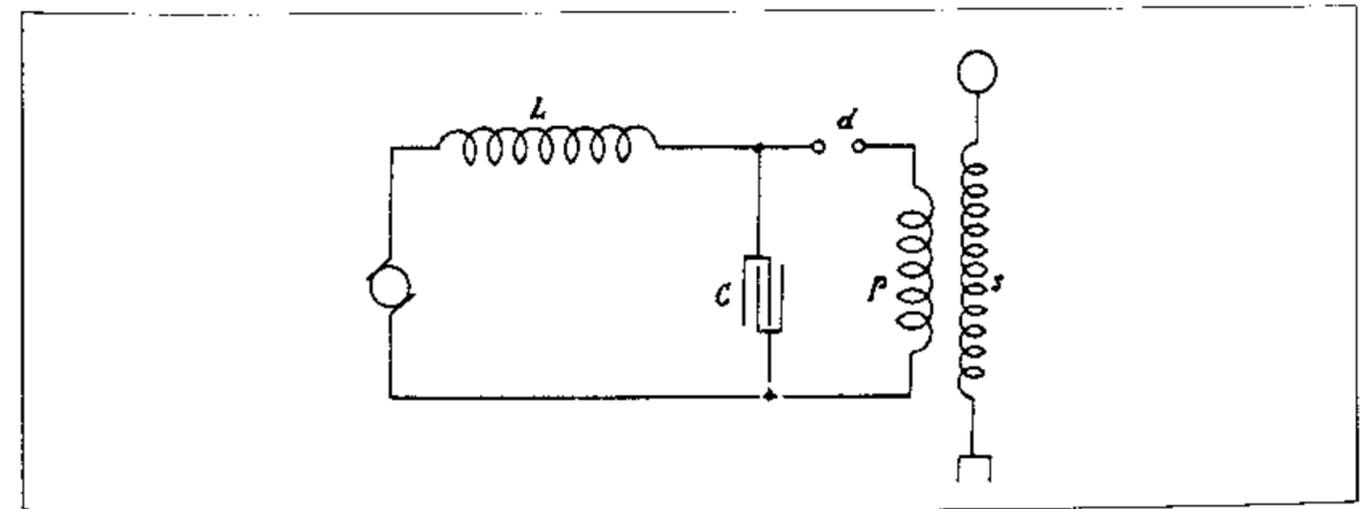
Катушка большой индуктивности соединена последовательно с конденсатором, а параллельно конденсатору помещен прерыватель, соединенный последовательно с первичной обмоткой катушки. Весьма значительная резкость разрядов достигается при использовании тонкой струи электролита или ртути для создания короткого замыкания. Струя прерывается под действием тока конденсатора. Некоторое время мы преследовали цель автоматического управления струей, используя магнит, действующий в качестве ключа. Соединения на схеме показаны условно. Вопрос в том, чтобы достичь должной емкости конденсатора, величины индуктивности и других параметров. Вторичная обмотка генератора колебаний может соединяться, как показано, с землей и надземным компонентом в качестве емкости, или же возможно применение искрового промежутка.

Пусть R – сопротивление зарядной катушки, L – индуктивность, E – эдс генератора, тогда максимальный ток, который сможет проходить через катушку, будет равен E/R , но так как струя имеет сопротивление r , максимальный ток составит

$$I = \frac{E}{R+r}$$

Энергия катушки составит $\frac{1}{2} I^2 L$. Конденсатор сможет каждый раз накапливать количество энергии $= E^2 C / 2$, а мы должны иметь $\frac{1}{2} L I^2 = E^2 C / 2$. Это создаст для C величину

$$C = L \left(\frac{I}{E} \right)^2, \text{ но } \frac{I}{E} = \frac{1}{R+r}, \text{ следовательно } C = \frac{L}{(R+r)^2}$$



Таким образом, для определения частоты прерываний мы должны рассчитать время, достаточное для испарения порции жидкостного столба. Это мы можем найти без труда путем замера столба и его сопротивления, удельной теплоемкости и количества энергии, проходящей через него.

Это необходимо довести до конца.

Колорадо-Спрингс

21 сентября, 1899

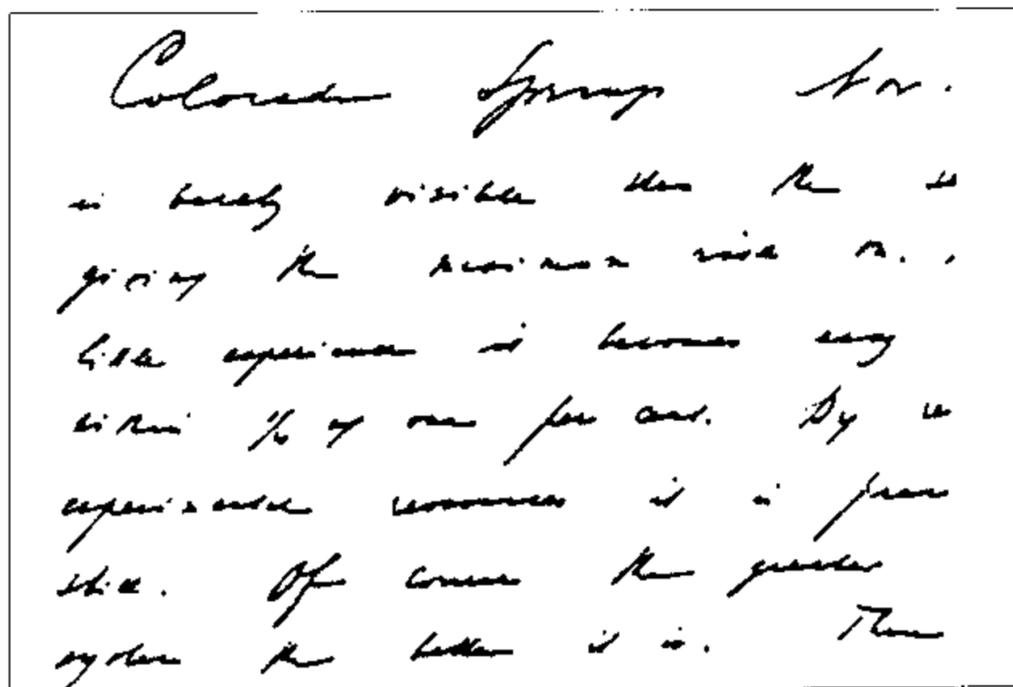
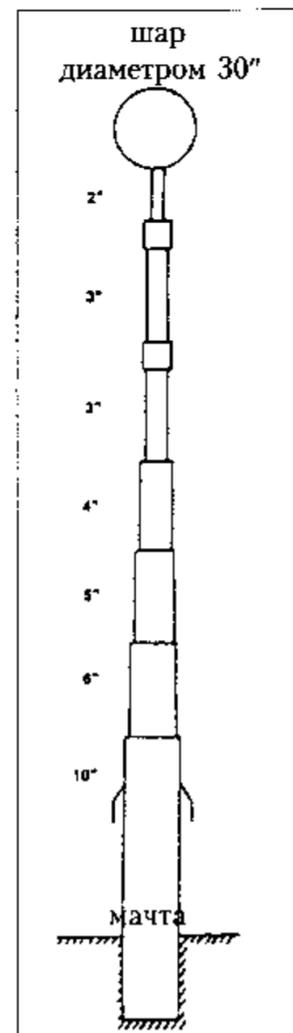
Проект опоры для размещения терминала на высоте 140 футов от земли

На телеграфной мачте, очень прочной и почти достигающей крыши здания, нужно укрепить насадку, представляющую собой трубу диаметром 10", длиной около 2 футов, с переходным приспособлением для 6" трубки. Насадка должна расширяться снизу, с тем чтобы предохранить древесину от стримеров.

Трубки имеют длину 20 футов. Это дает, ориентировочно, 120 футов труб плюс насадка и деревянная мачта около 20 футов, всего 140 футов.

Поверхность колонны труб, возвышающейся над крышей, будет равна

$\pi \times 20 \times 12 (6 + 5 + 4 + 3 + 3 + 2) = 17332$ кв. дюйма, или 120 кв. футов. Площадь шара почти 20 кв. футов.



Всего мы получаем 140 кв. футов + насадка. С учетом всех соединений это может составить 150 кв. футов. Электростатическая емкость должна уменьшить количество витков на катушке, вероятно, менее чем наполовину.

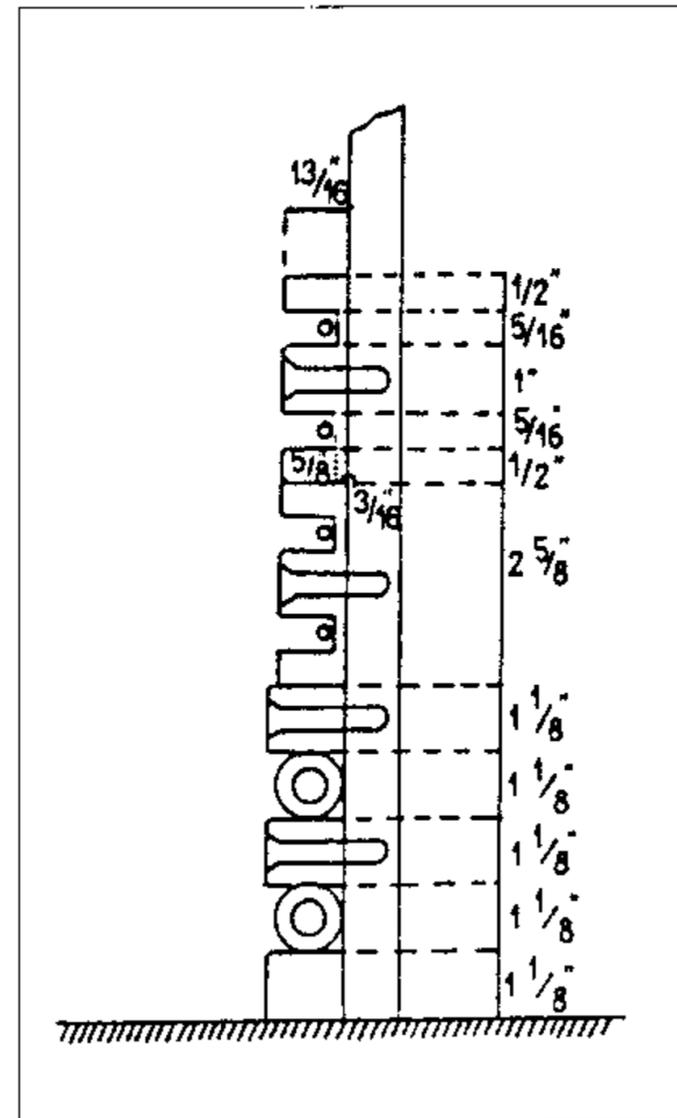
Даже при достаточно сильном ветре, конструкция будет надежной.

Колорадо-Спрингс

22 сентября, 1899

Сегодня утром начали строить новый вторичный контур для генератора колебаний. Мы отказались от проекта конической катушки, применявшейся ранее, так как решили добиться желаемого результата с помощью добавочной катушки. Этот способ привлекает возможностью добиться оптимальной передачи энергии от первичного контура на вторичный и увеличения наведенной эдс на добавочной катушке, что значительно улучшит взаимоиндукцию и повысит эффективность работы генератора колебаний.

Внутренний диаметр обмотки новой катушки должен быть точно 15 метров, или около 49.25 фута. Два первичных витка можно использовать соединенными, как обычно, параллельно. Во вторичном контуре предусмотрено 48 витков. Двадцать два из числа новых витков будут эквивалентны 25 виткам, применявшимся в прошлый раз на коническом каркасе. Каркас строится в соответствии с чертежом. Толщина изоляции между первичными витками $1\frac{1}{8}$ ". Вторичный провод № 10, применявшийся ранее, проложен в пазах, как показано. Пазы были заготовлены в каждой ферме, что максимально упростило работу. В каждом пазе предусмотрено пространство для двух проводов, так как потом, возможно, окажется необходимым удвоить медный провод. Первичный и вторичный контуры должны иметь одинаковое количество меди.



Колорадо-Спрингс

23 сентября, 1899

Для получения наилучших результатов масса меди в первичной и вторичной обмотках реконструированного генератора колебаний должна быть равной

Два кабеля первичной обмотки соединены параллельно, образуя многожильную дугу. Каждый из этих кабелей состоит из 37 жил провода № 9 V&S. Согласно таблице площадь сечения провода № 9 в милах равна 13090, следовательно, общее сечение кабеля составит

$$\left. \begin{array}{r} 13\ 090 \times 37 \\ 39\ 270 \\ 91\ 630 \\ \hline 484\ 330 \end{array} \right\} = 484\ 330 \text{ круговых мила, или} \left. \begin{array}{r} 484\ 330 \times 0.0005067 \\ 2\ 421\ 650 \\ 2\ 905\ 980 \\ \hline 3\ 390\ 310 \\ 2\ 454\ 100\ 110 \end{array} \right\} = 245.41 \text{ кв. мм.}$$

Допустим, что в каждый паз заложен один провод № 10 V&S, тогда, зная, что сечение провода № 10 равно 10380 милам, мы можем вывести суммарное сечение для 48 витков из расчета одного витка:

$$\left. \begin{array}{r} 10\ 380 \times 48 \\ 41\ 520 \\ 83\ 040 \\ \hline 498\ 240 \end{array} \right\} = 498\ 240 \text{ круговых мила, или} \left. \begin{array}{r} 498\ 240 \times 0.0005067 \\ 2\ 491\ 200 \\ 2\ 989\ 440 \\ \hline 3\ 487\ 680 \\ 2\ 524\ 582\ 080 \end{array} \right\} = 252.46 \text{ кв. мм.}$$

Это очень близко к сечению кабелей первичной обмотки.

Следовательно, если использовать два кабеля первичной обмотки, то во вторичном контуре должно быть по два провода в каждом пазе, что и предусмотрено. Тогда суммарное сечение первичного контура составит 490.82 кв. мм, а вторичного контура, из расчета на один виток, будет равно 504.92 кв. мм, но если провод слегка натянуть, то разница в сечениях и, соответственно, массах, уменьшится.

Колорадо-Спрингс

24 сентября, 1899

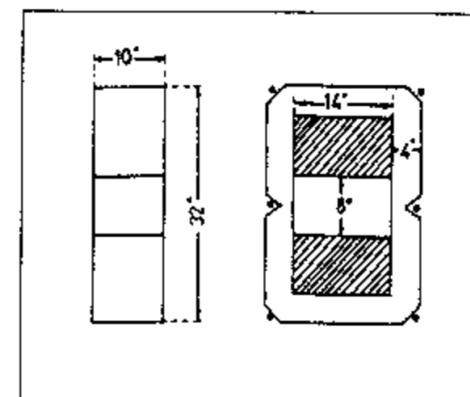
Замечание по поводу трансформатора Вестингауза

Стальной сердечник имеет размеры, указанные в эскизе. Изоляционная защита от сердечника – деревянные бруски толщиной 1". Изоляция между ними – фибра толщиной $\frac{1}{2}$ ".

Мы применили три первичные катушки и 4 вторичные. Для трансформирования 60 000 вольт часть первичного контура отключается. Оптимальный рабочий режим достигается при использовании меньшего коэффициента трансформации, примерно до 45 000.

Вторичные катушки соединены полностью перекрестно, то есть начиная с первой слева, далее с третьей, затем со второй и от нее с четвертой катушкой. Трансформатор подтверждает свою высокую эффективность по всем показателям. Утечка тока на удивление мала для такого большого аппарата. Перекрестное соединение и размещение катушек, очевидно, уменьшают поле рассеяния, а также делают удобным использование катушек с такой же намоткой, то есть катушек, намотанных на один каркас.

Проверка минерального масла при предельно допустимой температуре 300° показывает его превосходное качество, проникающую способность, высокую точку воспламенения и хорошие изоляционные свойства.



Колорадо-Спрингс

25 сентября, 1899

Измерение индуктивности первичного контура генератора колебаний и регулировка катушки индуктивности

Показания:

Измеряемый проводник	Ток	Напряжение в проводнике	p
2 первичных витка	33.2	6.4	Из расчета скорости вращения синхронного однофазного двигателя в 35 оборотов в сек. 8-полюсный мотор дает
2 первичных витка	58.9	11.7	
1 первичный виток	58.9	5.85	
Катушка индуктивности	33.2	2.5	$n = 140$ $p = 880$
Катушка индуктивности	58.9	4.45	

Из вышеприведенных замеров один, показывающий 58.9 ампера, фиксировался неоднократно, и он, вероятно, гораздо ближе к истине, чем другой показатель при более слабом токе. Исходя из этого, без учета весьма малого сопротивления обоих витков первичной обмотки и катушки индуктивности, я вывожу L_{2p} двух витков первичной обмотки:

$$\frac{E \times 10^9}{I \cdot p} = \frac{11.7 \times 10^9}{58.9 \times 880} = 225\,730$$

L одного витка первичной обмотки выражаем как $L_p = 56\,432$ приблизительно, так как витки практически одинаковы.

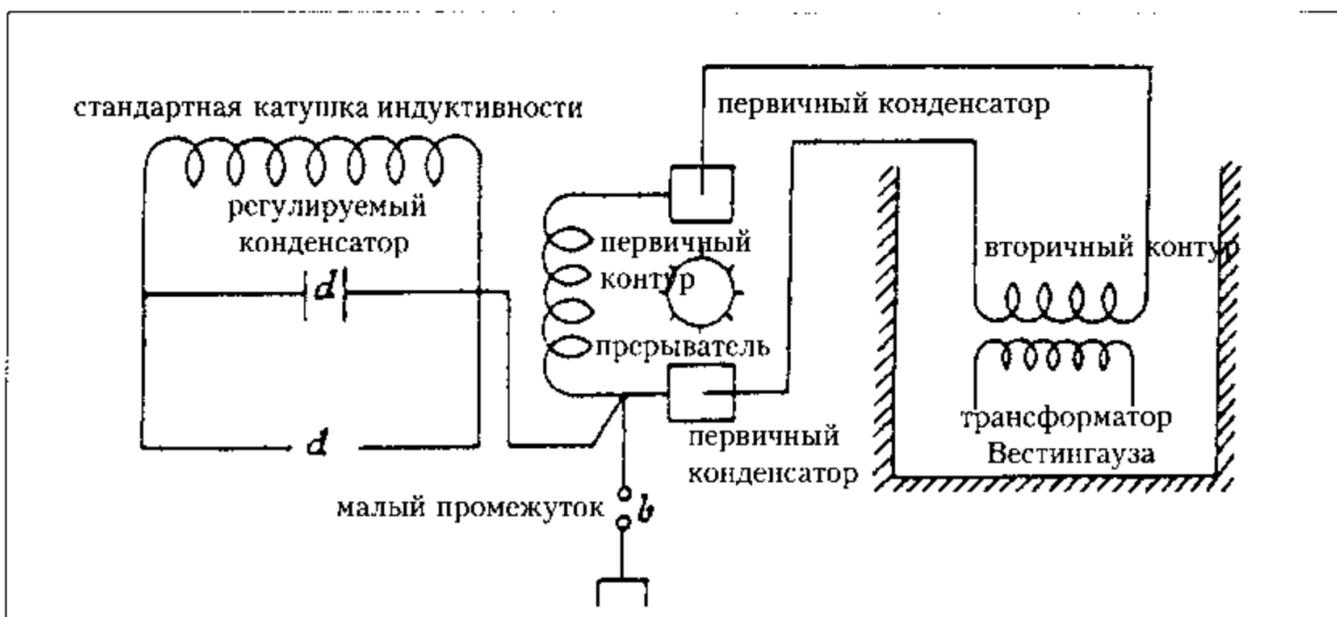
$$L_c = \frac{E \times 10^9}{I \times 880} = \frac{445}{1170} \times 225\,730 = 85\,855 \text{ см приблизительно.}$$

Поскольку у нас 24 витка, мы можем наскоро сделать приблизительный расчет: на один виток приходится 3600 см, учитывая, что катушка содержит их значительное количество.

Колорадо-Спрингс

26 сентября, 1899

Нижеследующий метод определения периода колебаний, индуктивности и емкости прост и удобен. Функционирование колебательной системы обусловлено непрерывно меняющейся и точно фиксируемой индуктивностью и стандартной емкостью или стандартной индуктивностью и непрерывно регулируемым конденсатором, или системой, в которой оба эти элемента непрерывно



подстраиваются и могут быть с точностью замерены тем или иным способом. Кроме того, эта система легко возбуждается от первичной колебательной системы, и один или оба элемента возбужденной системы подвергаются изменениям, пока не появляется резонанс. Это определяет период первичной системы, и если при этом будет известен хотя бы еще один параметр, все остальные можно определить без труда. Возбуждение легко достигается и прекращается путем соединения провода, идущего к системе, которая должна возбудиться, с землей через регулируемый искровой промежуток, обычно очень небольшой. В ходе экспериментов мы применили этот способ для определения периода первичного контура системы следующим образом: стандартная катушка индуктивности, давно изготовленная и применявшаяся в экспериментах в Нью-Йорке, имевшая, примерно 1560 витков на барабане диаметром $3\frac{1}{2}$ "", была зашунтирована регулируемым конденсатором, также часто применявшимся и состоявшим из двух латунных пластин диаметром 20", и этот комплекс присоединен к одному из зажимов трансформатора Вестингауза, как это показано на чертеже. Варьирование длины искрового разряда в точке b вызывало изменение степени возбуждения до любого желаемого значения, при этом искровой разряд в точке a играет определяющую роль в достижении максимального повышения потенциала на зажимах возбуждаемой системы.

Исходные данные: $L = 0.0176$ генри. Сопротивление катушки = 59.457 ома, барабан $3\frac{1}{2}$ ", количество витков 1560 приблизительно.

Показания одного замера:

Емкость в первичном контуре, суммарно

144 бутылки = 0.1526 мкФ

Индуктивность

первичного контура

0.000025 генри

$$T \text{ приблизительно} = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{0.000025 \times 0.1526} = \frac{1\,225}{10^8}$$

Резонанс достигался, когда расстояние между пластинами было около 0.8 см, период возбуждаемой системы при этом несколько замедлялся.

$$C \text{ вторичный} = \frac{A}{4\pi d} = \frac{2\,027}{4\pi \times 0.8} = \text{приблизительно } 200 \text{ см.}$$

$$T_s \text{ приблизительно} = 1\,230 / 10^8.$$

Колорадо-Спрингс

27 сентября, 1899

Определение индуктивности катушки, подключаемой последовательно с добавочной катушкой, без шара на последней, с использованием прежнего вторичного контура

160 витков, провод № 10 V.&S с изоляционным покрытием Habirshaw, барабан диаметром 2 фута = 60.96 см. Длина = 42.5" = 107.95 см.

Первый замер, усредненные показатели:

$$I = 5.9 \quad E = 38.25 \quad R = 1.054 \quad \omega = 880$$

$$\frac{E}{I} = 6.483 = \sqrt{(1.054)^2 + (880L)^2}$$

$$L = \frac{\sqrt{6.483^2 - 1.054^2}}{880} = \frac{6.4}{880} = 0.00728 \text{ генри, или } 7\,280\,000 \text{ см.}$$

Второй замер, усредненные показатели:

$$I = 6.77 \quad E = 43.25 \quad R = 1.054 \quad \omega = 880$$

$E = 6.39$, отсюда $L = 0.00716$ генри, или 7 160 000 см.

Отклонение, возможно, обусловлено изменением ω , и лучше всего будет, по-видимому, взять усредненный результат.

$$\left. \begin{array}{l} \{ 0.00716 \} \\ \{ 0.00728 \} \end{array} \right\} \text{ или } \left. \begin{array}{l} 0.00722 \text{ Гн} \\ 7\,220\,000 \text{ см} \end{array} \right\} \text{ лучшие значения.}$$

Расчеты на базе вышеприведенных замеров дали следующий результат:

$$L = \frac{4\pi N^2 S}{l} = \frac{4\pi \times 25\,600 \times 2\,919}{107.95} = 8\,700\,000 \text{ см, или } 0.0087 \text{ генри.}$$

$$N^2 = 25\,600$$

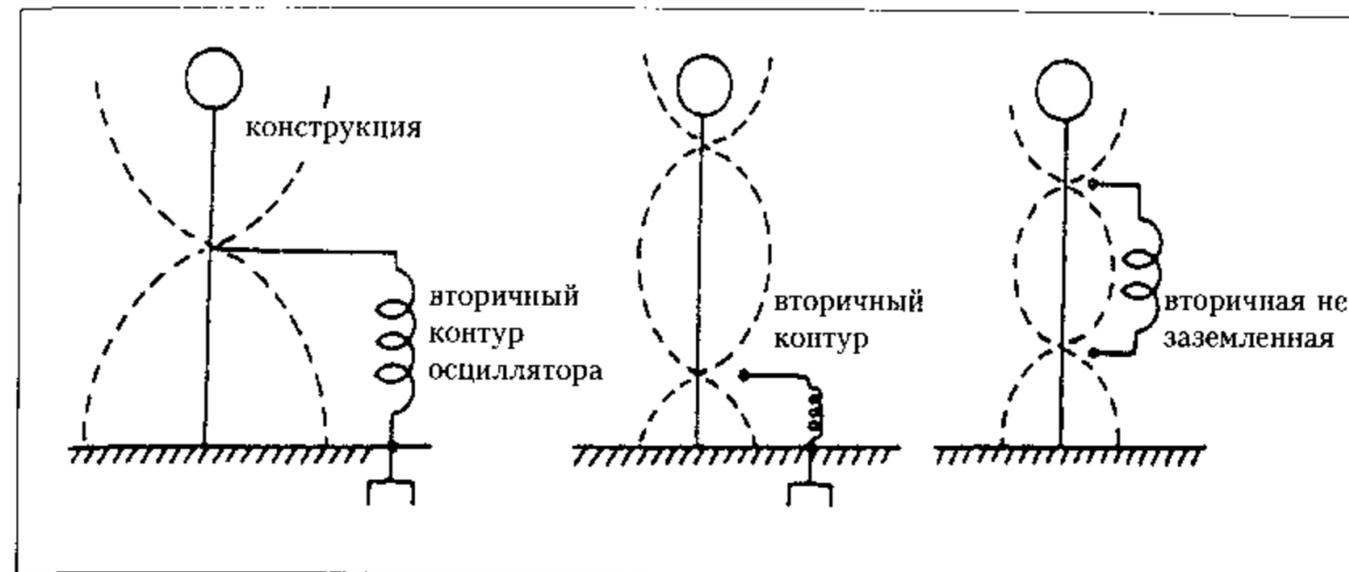
$$S = \frac{\pi}{4} \times 60/96^2 = 2\,919 \text{ кв. см.}$$

Разница, должно быть, обусловлена внутренней емкостью катушки или, возможно, неточностью приведенных выше измерений.

Колорадо-Спрингс

28 сентября, 1899

Практическое внедрение надземного емкостного терминала в телеграфии, разработанного мной, представляет собой очень сложный момент. Трудно осу-



ществить подъем конструкции на высоту и поддерживать ее в состоянии изоляции от земли, а при наличии весьма мощных колебаний, которые при этом образуются, даже изолированный провод, идущий вверх, создает помехи из-за стримеров, воздействующих на расстоянии и снижающих интенсивность.

Я предлагаю способ устранения этого. Требуется поднять конструкцию от земли на заданную высоту и подвести изолированный провод от осциллятора до определенной точки на конструкции и присоединить к ней или же приблизить, как, например, при использовании искрового разряда. Тогда эта точка присоединения должна быть расположена таким образом, чтобы в то же время, скажем, максимум наверху, противоположное значение на дне или на земле, то есть, верхняя и нижняя позиции должны составлять половину длины волны или ей кратное.

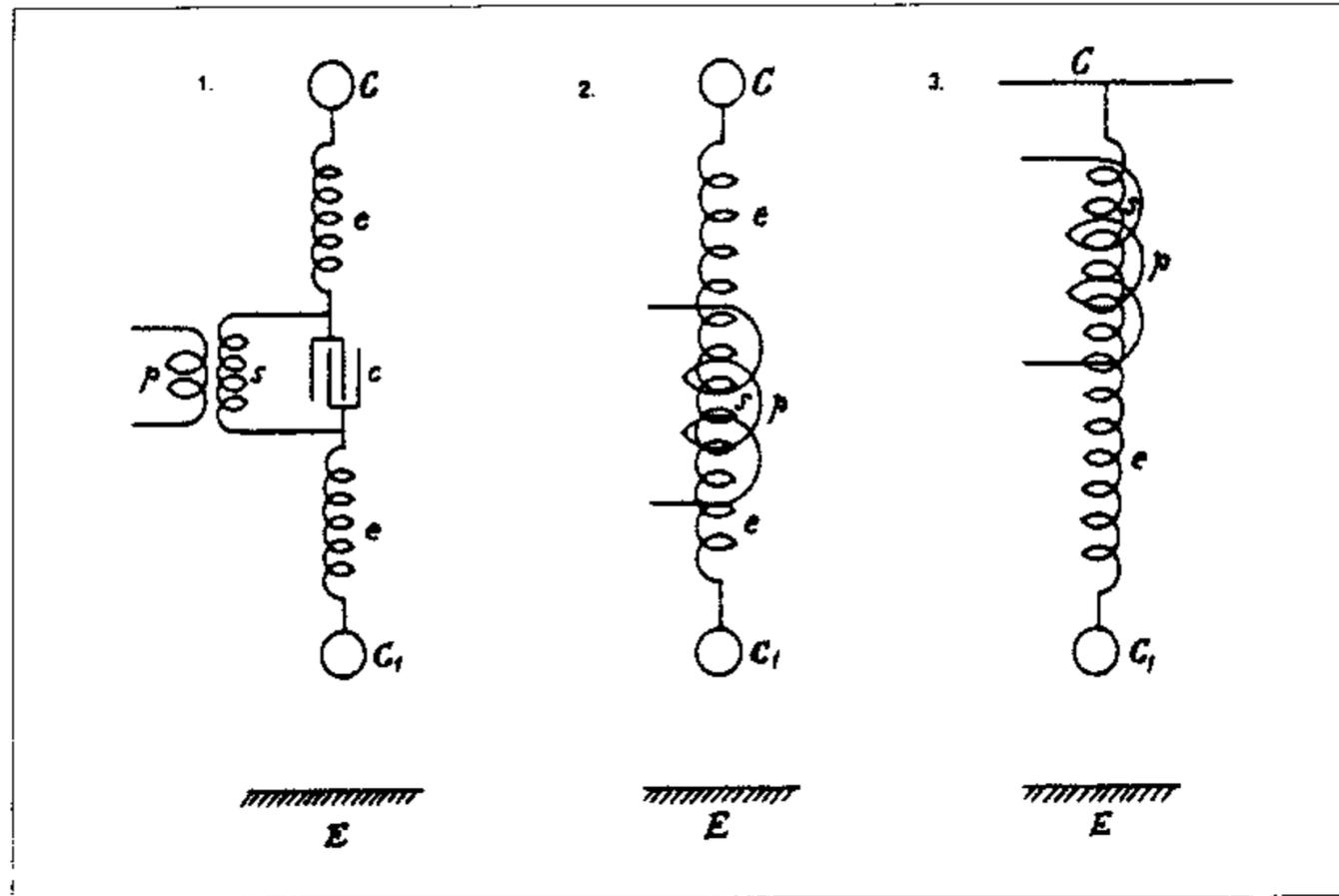
Если вторичный контур имеет, как обычно, заземление, то будет, вероятно, выгоднее принять длину волны в обеих системах, с тем чтобы они работали согласованно в месте заземления.

Колорадо-Спрингс

29 сентября, 1899

Различные полезные компоновки колебательных систем для создания возмущений в естественных условиях

Эти схемы размещения, особенно в соединении с добавочной катушкой, предназначены, как уже говорилось, для генерирования возмущений наиболее эффективным и экономичным способом. В такой катушке эдс возрастает до очень высокого значения посредством эффекта усиления. К тому же в этих устройствах предполагается обходиться без искрового разряда, который потребляет энергию, хотя он во многом имеет те преимущества, что позволяет



передать бóльшую величину энергии. На схемах представлены три варианта такого рода устройства, опробованных экспериментально.

На схеме 1 представлен способ подключения, который мы используем сейчас чаще, чем все другие. Первичная обмотка p возбуждает вторичную обмотку s , параллельно которой подключен конденсатор c , вторичные возбуждающие добавочные катушки ee с их емкостями CC , находящимися на свободных зажимах, один из которых, C_1 , расположен на некотором расстоянии от земли или от пластины заземления E , образующей с ней конденсатор. Все три системы, первичная обмотка, вторичная обмотка и добавочная катушка, имеют один и тот же период колебаний. Схема 2 иллюстрирует упрощенный способ: в этом случае добавочные катушки находятся в некоторой степени под индукционным воздействием со стороны первичной цепи p . Чертеж 3, в свою очередь, показывает, что добавочная катушка e может возбуждаться только с помощью электрического соединения или же еще и индуктивно. В этом случае верхний зажим имеет очень большую емкость, как, например, крыша здания, а C_1 является зажимом с высоким потенциалом.

Это представляется весьма эффективным.

5

КОЛОРАДО-СПРИНГС ДНЕВНИКИ 1-31 ОКТЯБРЯ, 1899

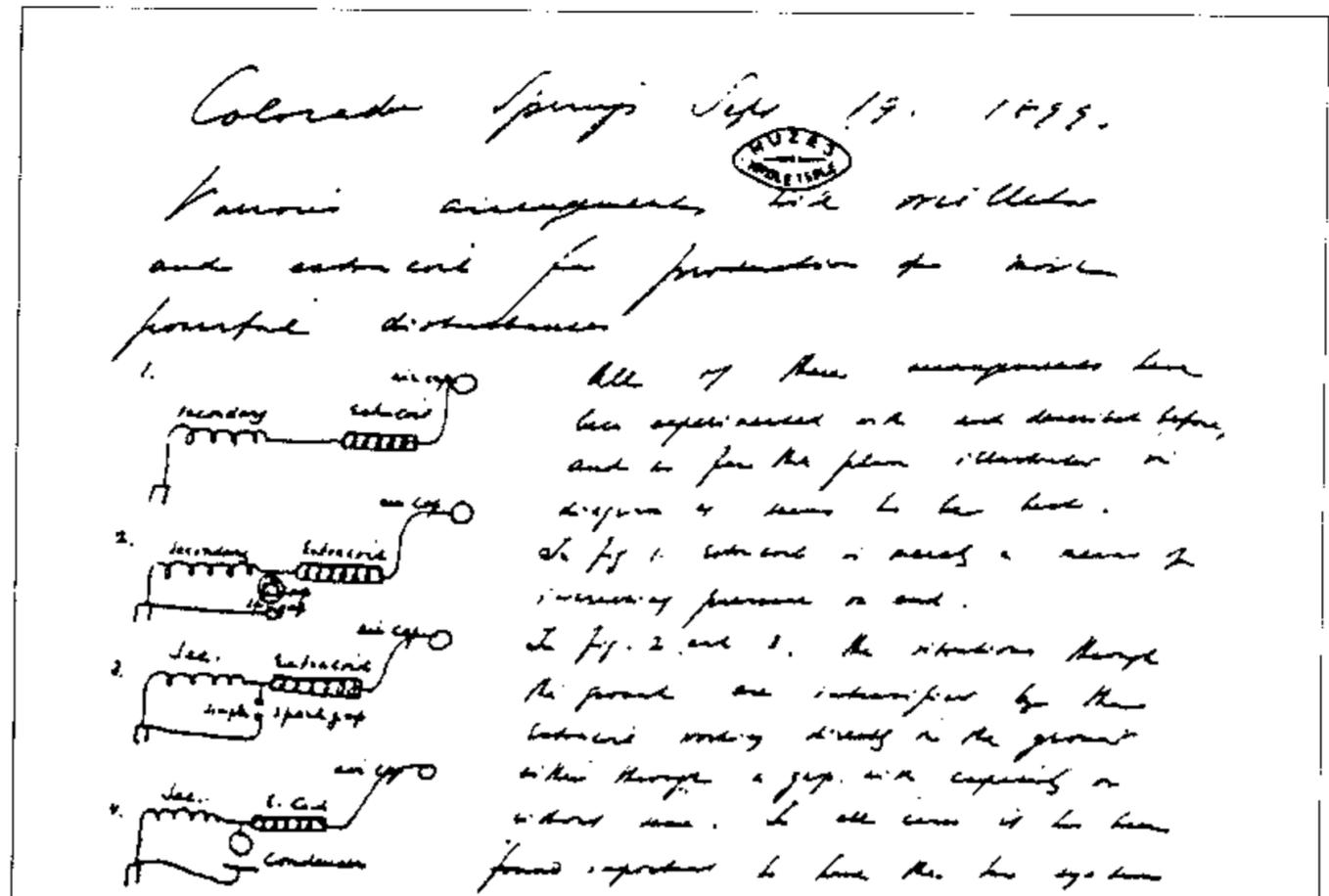
Следующие записи, частично завершенные, опущены за недостатком времени:

5 октября составили более полное описание сделанных фотографий. 14, 22, 23, 25 и 29 октября выверяли результаты, полученные экспериментальным путем.

Почти завершено оформление патентов:

а. Метод надежного получения импульсов энергии с очень высокой эдс.

б. Различные способы, позволяющие обходиться без надземного терминала при передаче энергии и т.п.



Колорадо-Спрингс

1 октября, 1899

Намотали новую вторичную катушку, всего 22 витка. Последний виток поместили сверху на фарфоровые изоляторы, чтобы предотвратить повреждение деревянных конструкций и образование пробоев на последнем витке, где риск наибольший. Было очевидно, что катушка может не выдержать напряжения, так как промежуток между витками составляет всего 1". Однако мы подвергли намотку экспериментальной проверке. Общая длина катушки составляла теперь — без учета последнего витка, который проходил по верху каркаса, — приблизительно 27", в то время как длина прежней катушки была 63" (исключая последний виток). Следовательно, при одной и той же поверхности витков индуктивность новой катушки может увеличиться с коэффициентом $\left(\frac{21}{25}\right)^2$ за счет витков. Таким образом, усредненный виток прежней катушки

составлял 44 фута в диаметре, а новой катушки — приблизительно 49 футов. Это увеличивало каждый из новых витков примерно на 10" больше по сравнению с усредненным витком прежней катушки. Значит, в конечном счете, индуктивность новой катушки должна составить приблизительно

$$\frac{63}{27} \times \left(\frac{21}{25}\right)^2 \times \left(\frac{11}{10}\right)^2 L,$$

где L — индуктивность прежней катушки, т.е. $L_1 = (\text{около}) 2.06 L$.

Возрастет также аккумулирующая способность с коэффициентом $3.125/1.25$, или около 2.5 емкости прежней катушки. Поэтому период новой катушки должен быть больше почти в $\sqrt{2.5 \times 2.06}$ раза, или на 127%. При таком распределении витков потребуется значительно меньшее их количество.

Колорадо-Спрингс

2 октября, 1899

Как и предполагали, обмотка прежней катушки оказалась не в состоянии выдержать напряжения, и мы изменили размещение витков вторичной катушки. Десять витков, ближайших к земле, оставили без изменений, а остальные проложили по одному в каждый второй желоб, в результате чего расстояние между верхними витками стало $2 \frac{5}{8}$ ", а у нижних оно осталось 1". Даже при таком размещении несколько верхних, а также несколько нижних витков получали пробой.

Снова внесли изменения, и только 4 витка — самых нижних — оставили с промежутком в 1", а все остальные расположили в каждом втором желобе. Испытания показали, что теперь витки могут выдержать полный заряд. По-

жалуй, можно допустить расстояние между витками в 1" до шестого витка, но мы пришли к выводу, что размещение было, скажем так, весьма неплохим.

В результате последнего изменения число витков уменьшили до 18 (самые верхние не учитывались). Сравнивая последний вариант конической катушки с 25 витками, мы сделали примерный расчет периода новой, исходя из оценочных данных, приводимых ниже:

диаметр одного нового витка	— 49 футов
— " — усредненного старого — "	— 44
витков новой катушки	— 18
— " — старой — "	— 25
усредненное расстояние между новыми витками	— $2 \frac{5}{8}$ "
— " — старыми — "	— $3 \frac{1}{8}$ "
длина новой катушки	— 42"
— " — старой — "	— 63"

Обозначив через L_1 индуктивность новой катушки и через L_2 — конической катушки, мы получим приблизительно:

$$L_1 = \frac{63}{42} \times \left(\frac{18}{25}\right)^2 \times \left(\frac{49}{44}\right)^2 L, \text{ или } L_1 \approx L.$$

Тогда емкость новой катушки будет возрастать с коэффициентом $3.125/2.625 = 25/21$ вследствие изменения расстояния между витками и уменьшаться с коэффициентом l/l_1 , где l — длина новой, а l_1 — длина старой катушки, тогда

$$\frac{l}{l_1} = \frac{18 \times 49 \times \pi}{25 \times 44 \times \pi} = \frac{882}{1100} \approx \frac{44}{55}.$$

Следовательно, емкость новой катушки будет соотноситься с емкостью старой как

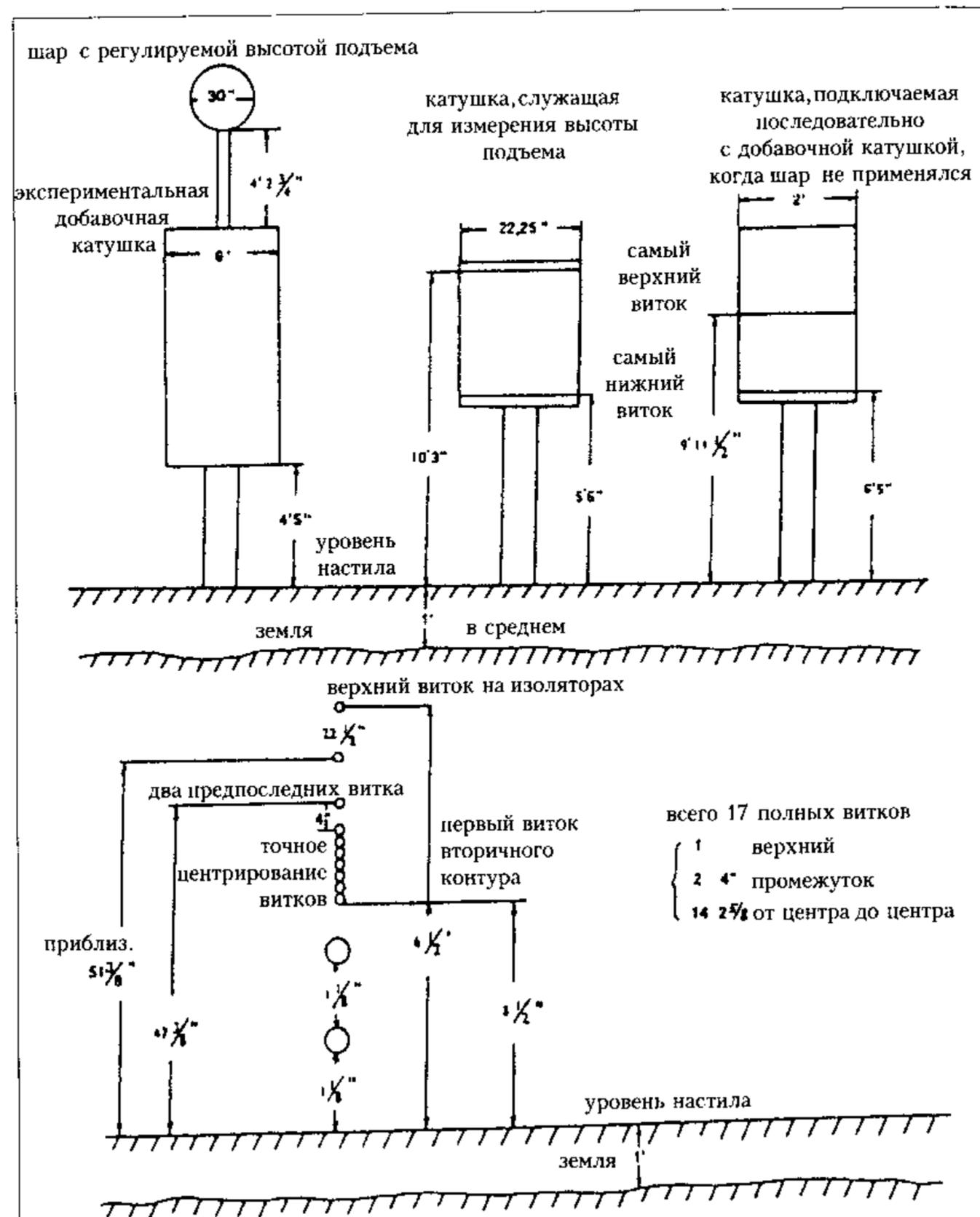
$$\frac{25 \times 44}{21 \times 55}, \text{ или как } \frac{20}{21}, \text{ или будут почти равны.}$$

Поэтому размещение витков обеспечит почти такой же период колебаний, как в прежней катушке.

Колорадо-Спрингс

3 октября, 1899

Полезные данные при расчете возможных погрешностей, обусловленных близостью земли или проводников, или иными причинами



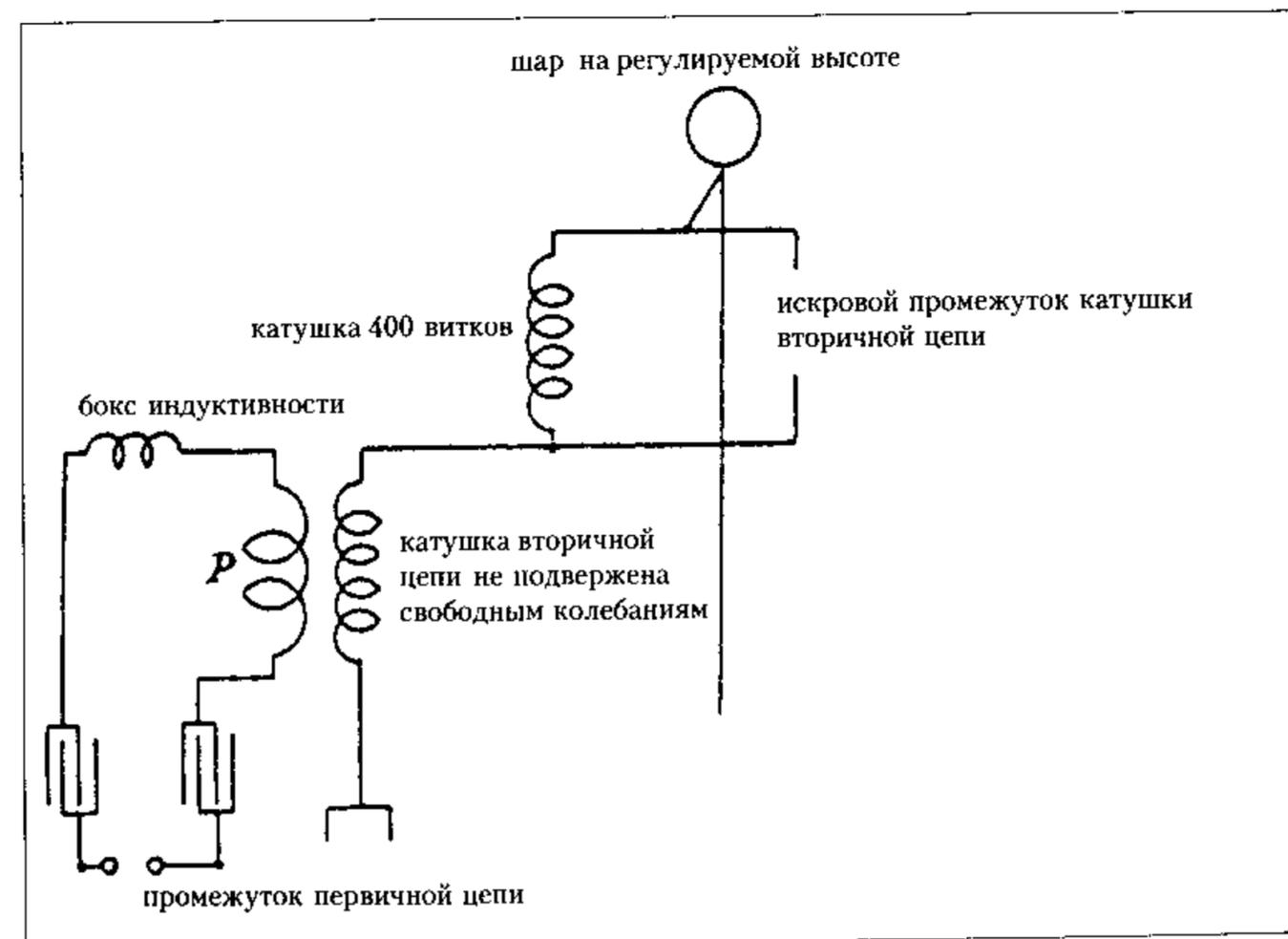
Колорадо-Спрингс

4 октября, 1899

Тест на более точное определение влияния высоты подъема на емкость изолированного тела

Для наилучшего соответствия особым условиям этого теста мы изготовили катушку. На барабан диаметром 2 фута и 1 1/4" было намотано 400 витков провода № 20. Изоляция была очень толстой, но имела небольшую удельную диэлектрическую проницаемость. Этот провод применили в далеко отстоящих витках, чтобы максимально уменьшить емкость самой катушки в сравнении с емкостью изолированного тела. В данном случае последнее представляло собой уникальную сферу диаметром 30", смонтированную таким образом, чтобы ее можно было поднимать на желаемую высоту, достигая почти 40 футов от земли.

Провод № 20 B&S = 0.032", или 0.8128 мм. Длина окружности провода, при условии, что он монолитный, должна быть около 2.4 мм. Тогда один виток провода равен $\pi \times 25.25"$, или около $\pi \times 641$ мм. Общая длина $\pi \times 641 \times 400 = 256400 \times \pi$ мм. Отсюда общая поверхность провода составляет $\pi \times 256400 \times 2.4 = 615360 \pi$ кв. мм, или 6154π кв. см. Итак, диаметр сферы был 30", или 76.2 см. Поверхность $\pi d^2 = 18231$ кв. см приблизительно. Мы могли



использовать, самое большое, $1/2$ поверхности провода, то есть 3000π кв. см, и это должно было составить только $1/2$ поверхности сферы. Но приняв во внимание другие факторы, мы увидим, что погрешность, обусловленная электростатической и распределенной емкостью самой катушки, невелика. Тем не менее это требует дальнейшего изучения и внесения поправок. Было бы, конечно, желательно полностью нейтрализовать емкость катушки, что сделает результаты исследований строго выверенными, но это едва ли осуществимо.

Количество витков на катушке было подобрано таким образом, чтобы ее можно было применять в работе с обычно используемым аппаратом. Общая длина намотки подготовленной катушки составила $57 1/8$ " , или 145.1 см, диаметр барабана 25.25 " = 64.14 см. Теперь для расчета индуктивности у нас имеются следующие данные: витков — 400, длина катушки — 145.1 см, площадь одного витка = 3231 кв. см. Отсюда примерное значение $L = (4\pi N^2 S) / l = 44772000$ см, или 0.044772 генри приблизительно. Если емкость сферы в ее нижней позиции принять за 38.1 см, то мы найдем период системы:

$$T = \frac{2\pi}{1000} \sqrt{0.044772 \times \frac{38.1}{9 \times 10^5}} = \frac{2\pi}{3 \times 10^5} \sqrt{0.1706} = \frac{2\pi}{3 \times 10^5} \times 0.413 = \frac{2.5936}{3 \times 10^5} = \frac{0.86455}{10^5}, \text{ или } n \approx 115\,668.$$

Этот результат говорит о слишком быстрых колебаниях, в действительности они будут значительно более медленными из-за емкости катушки.

Приводимая здесь схема демонстрирует компоновку, примененную в экспериментах: катушка из 400 витков возбуждалась от вторичной цепи осциллятора, а емкость и индуктивность в первичной цепи мы регулировали, пока не наступал резонанс свободной системы, состоящей из катушки с 400 витками и шара емкостью 38.1 см. Это было очевидно, судя по длине искрового разряда и другим показателям, например, стримерам.

Результаты:

Положение шара	Емкость в первичной цепи на каждой стороне	Витки в блоке индуктивности	Искровой промежуток в первичной цепи	Искровой разряд вторичной цепи	На этом эксперименты были прерваны из-за наступления темноты
Минимальная высота	1 старый + $3 2/3$ новых резервуара	22	$1/2$ " + 1 виток	53"	
на 2 фута выше	1 старый + $4 1/3$ новых резервуара	22	$1/2$ " + 1 виток	53"	

Анализ полученных данных показал, что подъем на 2 фута увеличивает емкость с коэффициентом

$$\frac{5 1/3}{4 2/3} = \frac{16}{14} = \frac{8}{7},$$

или приблизительно на 15%, точнее на 14.3%. Это значение почти полностью совпадало с результатами предыдущих испытаний.

Необходимы дополнительные исследования.

Колорадо-Спрингс

5 октября, 1899

Опробование последнего варианта вторичной цепи с 17 витками

Чтобы определить период, мы, как обычно, использовали во вторичном контуре регулируемый искровой промежуток от конца до земли, а емкость и индуктивность первичного контура изменяли до тех пор, пока максимальная длина искрового разряда во вторичном контуре и другие признаки не начинали свидетельствовать о наступлении резонансного пика.

Результаты:

Емкость в первичной цепи	Витков в блоке индуктивности	} 1 первичный виток (2 параллельных) приблизительно
7 резервуаров на каждой стороне	13 — " —	
8 — " —	10 — " —	

Затем к концу присоединили шар 38.1 см и поместили его вблизи пластины заземления на расстоянии около $3 1/2$ фута, что лишь очень незначительно влияло на колебания. Это доказывает, что распределенная емкость во вторичной цепи всё еще весьма велика.

Емкость одного резервуара равна 0.03816 мкФ. Допустим, $L_p = 56400$, а у блока с 13 витками 46800.

Известно:

$$T = \frac{2\pi}{1000} \sqrt{3.5 \times 0.03816 \times \frac{103\,200}{10^9}} = \frac{2\pi}{1000} \sqrt{\frac{13.784}{10^6}} = \frac{2\pi}{10^6} \sqrt{13.784} = \frac{23.36}{10^6} = 0.00002336,$$

при этом $n = 42800$ приблизительно.

Некоторые показатели необходимо сохранить:

Сопротивление провода, применявшегося в измерительных сопротивлениях	0.596 ома
Сопротивление 17 витков вторичной цепи	2.804 ома
Сопротивление двух последовательных витков первичной цепи	0.004 ома
Сопротивление регулировочной катушки индуктивности	0.054 ома

Катушка для ТВ, перемотка — 24 августа 1899 г. Бобина длиной около $8 \frac{1}{2}$ " : 399 витков на каждый слой, 22 слоя.

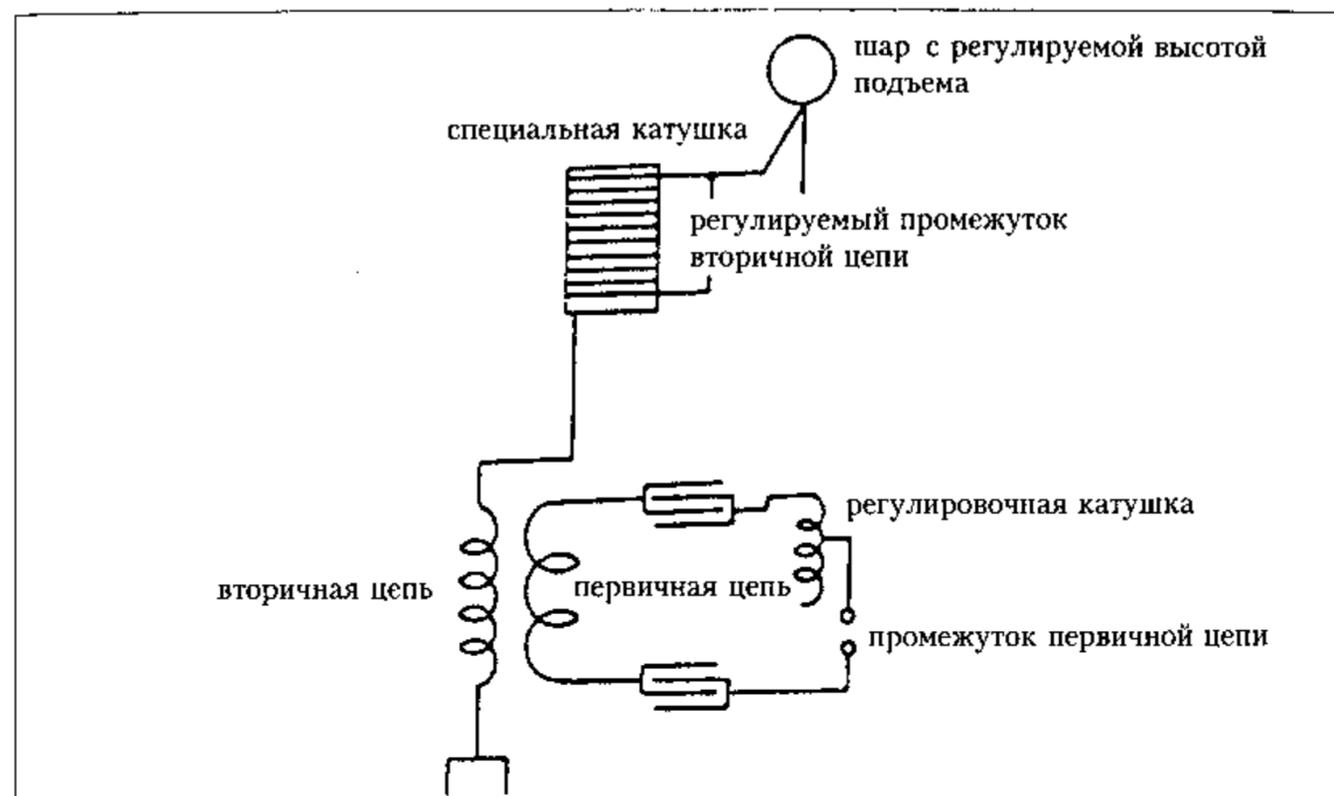
Последние данные катушки приемного устройства: провод № 30, 90 витков в слое, 35 слоев, сопротивление 424 ома.

Испытания продемонстрировали наилучший результат при 56–68 витках в первичной цепи. Сейчас мы имеем 62 витка, провод № 20. Сопротивление провода 0.39 ома.

Испытание специальной катушки для более точного определения закономерности изменения емкости в зависимости от высоты

Использовали, как и раньше, катушку с 400 витками, провод № 20 и регулируемый шар емкостью 38.1 см. Обычно шар находился над добавочной катушкой, неоднократно упоминавшейся, которую мы исключили из-за ее большой собственной емкости. Нахождение даже неподключенной катушки вблизи шара, когда он был на минимальной высоте, неизбежно вызывало некоторую погрешность.

Кроме того, можно было предвидеть появление погрешности от воздействия крыши в тех моментах, когда шар, постепенно поднимаемый в ходе испытаний, находился к ней ближе всего. Кратчайшее расстояние, т.е. нахождение в ближайшей к крыше позиции, составляло примерно 11 футов. Как бы то ни было, определенное воздействие, несомненно, имело место, несмотря на очень высокую сухость деревянных частей, и мы намереваемся устранить, по возможности, все эти погрешности. Крышу покрыли кровельным толем, и теперь мы сможем составить мнение о том, насколько это действенно. Наиболее достоверными данными будут те, которые мы получим при максимальном подъеме шара, когда он будет находиться выше всех конструкций. Примененные соединения показаны на схеме. Шар поднимали постепенно, с шагом подъема в один фут и регулировали индуктивность и емкость первичной цепи, пока не проявлялось максимальное нарастание резонанса на специальной катушке, при этом регулируемый искровой промежуток вторичной цепи являлся анализатором вдобавок к стримерам, которые служили еще большим доказательством. Результаты испытаний приведены в следующей таблице.



Все емкости снижены и приведены к одинаковой индуктивности, так что при изменении емкости первичной цепи емкость вторичной меняется с тем же коэффициентом.

Высота от земли в футах	Емкость резервуаров	Процент увеличения	Цифры приведены к индуктивности одного витка первичной обмотки
20.66	4.36		
21.66	5.05	16 %	
22.66	5.77	14 %	
23.66	6.27	9.5 %	
24.66	6.00	0	
25.66	6.24	4 %	
исключены два витка первичной обмотки			
25.66	6.64	10 %	откорректировать позже, использовать коэффициент 6.24/6.64
26.66	8.87	33 %	
27.66	11.48	40 %	
28.66	14.84	30 %	
29.66	18.64	26 %	
30.66	21.08	13 %	
31.66	22.36	6 %	
32.66	23.28	4 %	
33.66	24.72	6 %	
34.66	25.68	4 %	
35.66	27.00	5 %	

В таблице представлены результаты наблюдений, в которых прослеживается роль высоты подъема при определении емкости сферы, соединенной с вышеописанной катушкой. Сферу с электростатической емкостью 38.1 см поднимали постепенно, и определяли период колебаний в каждой позиции сферы, варьируя емкость и индуктивность первичной цепи. Так как индуктивность обоих контуров сохранялась одинаковой, емкость вторичной цепи изменялась так же, как и первичной.

Замечания к следующим таблицам:

Настройка была очень острой от уровня 27.66 до конца. Дуга в первичной цепи всё более усиливалась, вероятно, из-за пониженной частоты. Из-за этого же возникает дуга в вторичной цепи. По той же причине по мере увеличения высоты подъема шара дуга вторичной цепи всё время ослабевала.

m — данные, полученные путем замеров

c — данные, полученные путем расчетов

r — данные результатов

От знака* два первичных витка были включены последовательно, так как колебания стали слишком медленными, а с одним витком первичная цепь не имела достаточной емкости. Это, думается, было лучше, чем настройка по гармонике. Из цифр, относящихся к уровню 25.66, видно, что емкость с двумя витками составляла не точно одну четверть от 8, т.е. 2 резервуара, а меньше. Вероятно, это обусловлено тем обстоятельством, что резервуары не совсем одинаковы, более того, потому что, если два первичных витка включены параллельно, как один виток, индуктивность составляет менее $1/4$ от того, что было бы при двух последовательных витках. Для приведения к такой же индуктивности, как с одним витком емкости, получаемые с двумя витками следует умножить на 6.64/6.24.

Высота подъема сферы от земли в футах	Емкость первичной цепи и резервуаров на каждой стороне	Кол-во витков в регулируемой катушке индуктивности	индуктивность регулируемой катушки		Суммарная индуктивность первичного контура	Дуга		Емкость в первичной цепи на одной стороне, приведенная к соответствующему значению индуктивности в первичной цепи; минимум 106 800m, или 137 200 c	Увеличение емкости первичной цепи или втор. в процентах	
			данные замедров, в см	результаты расчетов, в см		в первичной цепи	во вторичной цепи			коэф-фициент
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
20.66	4.66	21.5	77 400	103 200	133 800 m 173 200 c	$1/2$ "+" 1 ви- ТОК	$52 1/4$ "	5.84 m 5.88 c		
21.66	5.33	22	79 200	105 600	135 600 m 175 600 c	"—"	$52 1/4$ "	6.77 m 6.82 c	16 m 16	16
22.66	6	22.5	81 000	108 000	137 400 m 178 000 c	"—"	$52 1/4$ "	7.74 m 7.78 c	14.3 14.1	32.5 33
23.66	7	20	72 000	96 000	128 400 m 166 000 c	"—"	$52 1/4$ "	8.41 m 8.47 c	8.6 8.9	44 44
24.66	8	14	50 400	67 200	106 800 m 137 200 c	"—"	$52 1/4$ "	8.00 m 8.00 c	-5 -5	37 37
	8 один первичный ВИТК	15.5	53 800	74 400	112 200 m 144 400 c	"—"	$52 1/4$ "	8.42 m 8.42 c	5.25 5.25	44.5 43
25.66	1.66* два первичных ВИТКА	24	86 400	115 200	312 000 m 395 200 c	$1/2$ "+" 1 ви- ТОК	20"	8.04 m 8.07 c	0.5 0.9	37.7 37.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
26.66	2.33 2.48 г	20	72 000	96 000	297 600 м 376 000 с	—	27.75	10.71 м 10.71 с	33.2	83.4
27.66	3 3.2 г	19	68 400	91 200	294 000 м 371 200 с	—	32 1/4	13.63 м 13.7 с	27.26	133.2
28.66	4 4.26 г	18	64 800	86 400	290 400 м 366 400 с	—	чуть меньше	17.93 м 17.98 с	31.55	207
29.66	5 5.32 г	18.5	66 600	88 800	292 200 м 368 800 с	2" + 1 ВИТОК	еще меньше	22.56 м 22.6 с	25.8	286.3
30.66	6 6.35 г	14	50 400	67 200	276 000 м 347 200 с	2.5" + 1 ВИТОК	еще меньше	25.4 м 25.4 с	12.6	335.8
31.66	6 6.35 г	18	64 800	86 400	290 400 м 366 400 с	2.5" + 3 ВИТКА	еще меньше	26.72 м 26.8 с	5.2	357.5
32.66	6 6.35 г	21.5	77 480	103 200	303 000 м 383 200 с	3" + 3 ВИТКА	еще меньше	27.94 м 28.7 с	4.6	378.4
33.66	6.33 6.86 г	22	79 200	105 600	304 800 м 385 600 с	—	еще меньше	30.29 м 30.46 с	8.41	418.6
34.66	6.66 7.1 г	21	75 600	100 800	301 200 м 380 800 с	—	еще меньше	30.96 м 31.24 с	2.21	430
35.66	7 7.5 г	21	75 600	100 800	301 200 м 380 800 с	—	еще меньше	32.70 м 33.00 с	2.56	431
									5.6	460
									5.6	460

Колорадо-Спрингс

6 октября, 1899

Измерение коэффициента самоиндукции и взаимной индукции

Последний вариант вторичной катушки с 17 витками, из которых 16 полных витков намотаны на ранее описанный каркас, один виток в каждый второй паз, паз, ближайший к первичной катушке, свободный.

Среднее значение замеров: $p = 880$

Разность потенциалов вторичной цепи $E = 122.5$ В; $I = 13.8$ А.

Сопротивление $R = 2.804$ ома. Отсюда

$$L_1^2 = \frac{\left(\frac{E}{I}\right)^2 - R^2}{\omega^2} = \frac{70.94}{880^2} \text{ Гн}^2 \quad \frac{E}{I} = 8.877; \quad \left(\frac{E}{I}\right)^2 = 78.8$$

$$R^2 = 7.86$$

$$L_1 = \frac{1}{880} \sqrt{70.94} = \frac{8.4226}{880} \text{ Гн, или}$$

$$L_1 = \frac{8\,422\,600\,000}{880} = 9\,571\,140 \text{ см} = \text{приблизительно } 0.00957 \text{ Гн.}$$

Для определения M мы использовали средний показатель серии замеров:

Ток во вторичной цепи $I = 15$ А, эдс в двух первичных витках 11.2 В = E , $\omega = 880$. Отсюда мы получаем:

$$M = \frac{E}{I\omega} = \frac{11.2}{15 \times 880} = 0.000848484 \text{ Гн,}$$

$$M = 848484 \text{ см.}$$

Колорадо-Спрингс

7 октября, 1899

Опять внесли изменения во вторичную цепь, переместив 15-й и 16-й витки, остальные оставили на месте: а именно: 14 витков по одному в каждый второй паз, 15-й и 16-й витки — в каждый третий паз, а верхний виток, как

и раньше, на фарфоровых изоляторах. Это почти не изменило постоянные характеристики контура.

Таким образом, испытания были доведены до конца со следующими результатами:

Емкость в первичной цепи (1 виток)	Количество витков в регулировочной катушке	Емкость на терминале вторичной цепи
На каждой стороне $7 \frac{2}{3}$ резервуара, суммарно = 0.14615 мкФ.	6	отсутствует
$7 \frac{2}{3}$ —"	7	Шар емкостью 38.1 см на расстоянии 2 футов от пластины, соединенной с клеммой заземления вторичной цепи
$7 \frac{2}{3}$ —"	почти столько же, либо чуть длиннее	Шар, 1 фут от пластины заземления
$7 \frac{2}{3}$ —"	10	Шар, 9" от пластины заземления
$7 \frac{2}{3}$ —"	13	Шар, 6" от пластины заземления

Настройка добавочной катушки в соответствии с колебаниями вторичной последнего образца приведена в другой таблице.

Мы попытались получить колебания в катушке с шаром, помещенным точно на такой же высоте, как шар вторичной катушки. Чтобы настроиться на нужную частоту, мы перемещали шар по высоте и вскоре достигли цели.

Когда шар находился на 2 фута ниже самой верхней точки (35.66 фута от земли), то есть на высоте 33.66 фута от земли, на катушке наступал пик резонансного скачка, о чем свидетельствовал искровой разряд, при наличии емкости в $7 \frac{2}{3}$ резервуара на каждой стороне и 13 витков в катушке индуктивности. Опускание шара всего лишь на самую малость и увеличение емкости на каждой стороне до 8 резервуаров приводило к максимальному нарастанию резонанса в катушке при 10 витках регулировочной катушки. Это почти в точности соответствовало колебаниям во вторичной цепи, как было показано выше.

Теперь обе катушки соединены последовательно, и разряды в искровом промежутке что-то около 12 футов, хотя ТВ не был под полной нагрузкой. Когда сняли провод-разрядник и оставили шар и специально подготовленный провод № 10 с резиновой изоляцией, стримеры образовывались на шаре сверху, но они были незначительные, потому что дул ветер. Когда оставили один изолированный провод и отсоединили шар, стримеры были очень сильные, достигая иногда 16–18 футов. В последних экспериментах наилучшие результаты получались, когда в катушке было 6 витков.

Провели более точную настройку добавочной катушки без шара, оставили только провод с резиновой изоляцией, или провод № 10 (который ра-

нее упоминался), при этом конец провода был вынесен примерно на 2 фута и находился под углом около 45° к горизонту. Этот провод, препятствующий образованию стримеров, был специально изготовлен и обрезинен. Состав Habirshaw, 40% чистая Para. Настройка отдельно одной катушки с катушкой индуктивности, специально намотанной последовательно, дала следующие результаты:

Емкость первичной цепи 8 резервуаров на каждой стороне	Количество витков в регулируемой катушке индуктивности $6 \frac{1}{2}$
---	--

Катушка, подключенная последовательно с добавочной катушкой, имеет особую настройку, с тем чтобы вызывать в системе такие же колебания, как и при использовании одной добавочной катушки и вместе с шаром, поднятым на самую высокую точку. Катушка имеет 160 витков и намотана на барабан диаметром 2 фута, провод № 10, такой же, как во вторичной цепи и в добавочной катушке.

Таким образом, вторичная цепь с шаром на конце, поднятым на высоту 2.66 фута от земли, также показала максимальный эффект, при этом в первичной цепи было 8 резервуаров на каждой стороне и $6 \frac{1}{2}$ витка в регулируемой катушке. Когда обе катушки соединены последовательно, зрелище было внушительным, искровые разряды долетали до земли с расстояния более 16 футов. Их траектории могли бы определенно протянуться на 24 фута. Это не было пределом мощности аппарата, так как искровой разряд в первичном контуре мог бы без труда достичь большей длины.

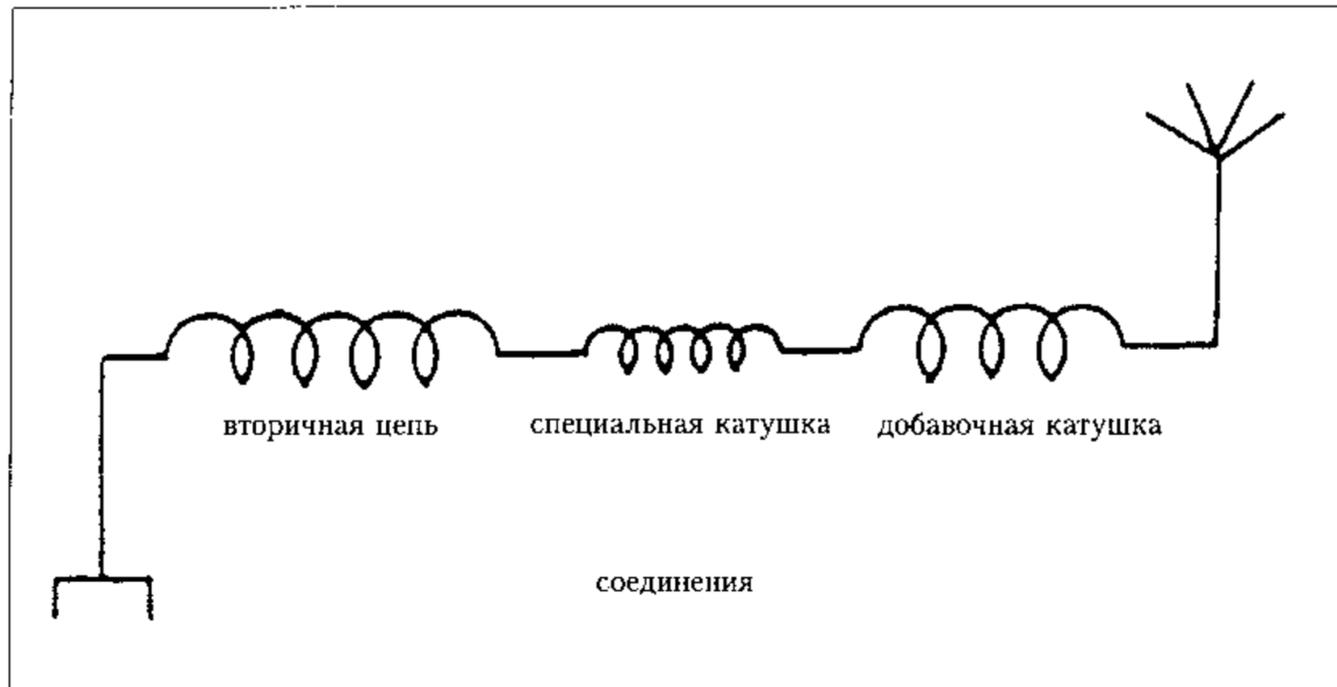
Колорадо-Спрингс

8 октября, 1899

Данные, полученные в процессе
настройки добавочной катушки и вторичной цепи,
зарегистрированные вчера

Емкость на каждой стороне в первичной цепи	Количество витков в регулировочной катушке индуктивности	С шаром 38.1 см на свободном конце вторичной цепи, шар на расстоянии 2.66 фута от заземленной цинковой пластины, оба имели абсолютно одинаковый период
8 резервуаров	6.5–7	

Длина же провода во вторичной цепи составляла 803 метра, то есть 17 витков, каждый диаметром 15 метров.



Общая длина провода в цепи добавочной катушки состояла из самой добавочной катушки – 889 метров, а именно: 149 витков, каждый из которых имеет диаметр 1.9 метра, плюс специальная катушка, подключенная последовательно, 307 метров, то есть 160 витков, диаметр каждого 0.61 метра. Мы использовали эту специальную катушку, когда не применяли в качестве емкости надземный шар, а катушка была настроена таким образом, что колебания были одинаковыми как без шара, так и с шаром, но без специальной катушки; в этом случае шар был, разумеется, в своей самой высокой точке. Следовательно, общая длина провода состояла из:

вторичная цепь + специальная катушка + добавочная катушка = 803 + 307 + 889 = 1999 метров

одна система одна система

С учетом всех соединений длина достигала 2030 метров (17 метров обрезанного провода наверху; 13 метров нижнего соединительного провода).

Далее, емкость в первичной цепи состояла из 4 резервуаров = $4 \times 0.03816 = 0.15264$ мкФ.

Общая индуктивность в первичной цепи была приблизительно 89000 см	5640 см один первичный виток
	6600 см приблизительно – все соединения в первичной цепи
	26000 см катушка индуктивности.

Поскольку индуктивность регулировочной катушки была скорее всего немного больше, мы можем округлить суммарную индуктивность до 90000 см, или $9/10^5$ Гн. Это дает

$$T = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{0.15264 \times \frac{9}{10^3}} = \frac{2\pi}{10^5} \sqrt{0.137376} = \frac{6.28 \times 0.37}{10^5} = \frac{2.3236}{10^5}$$

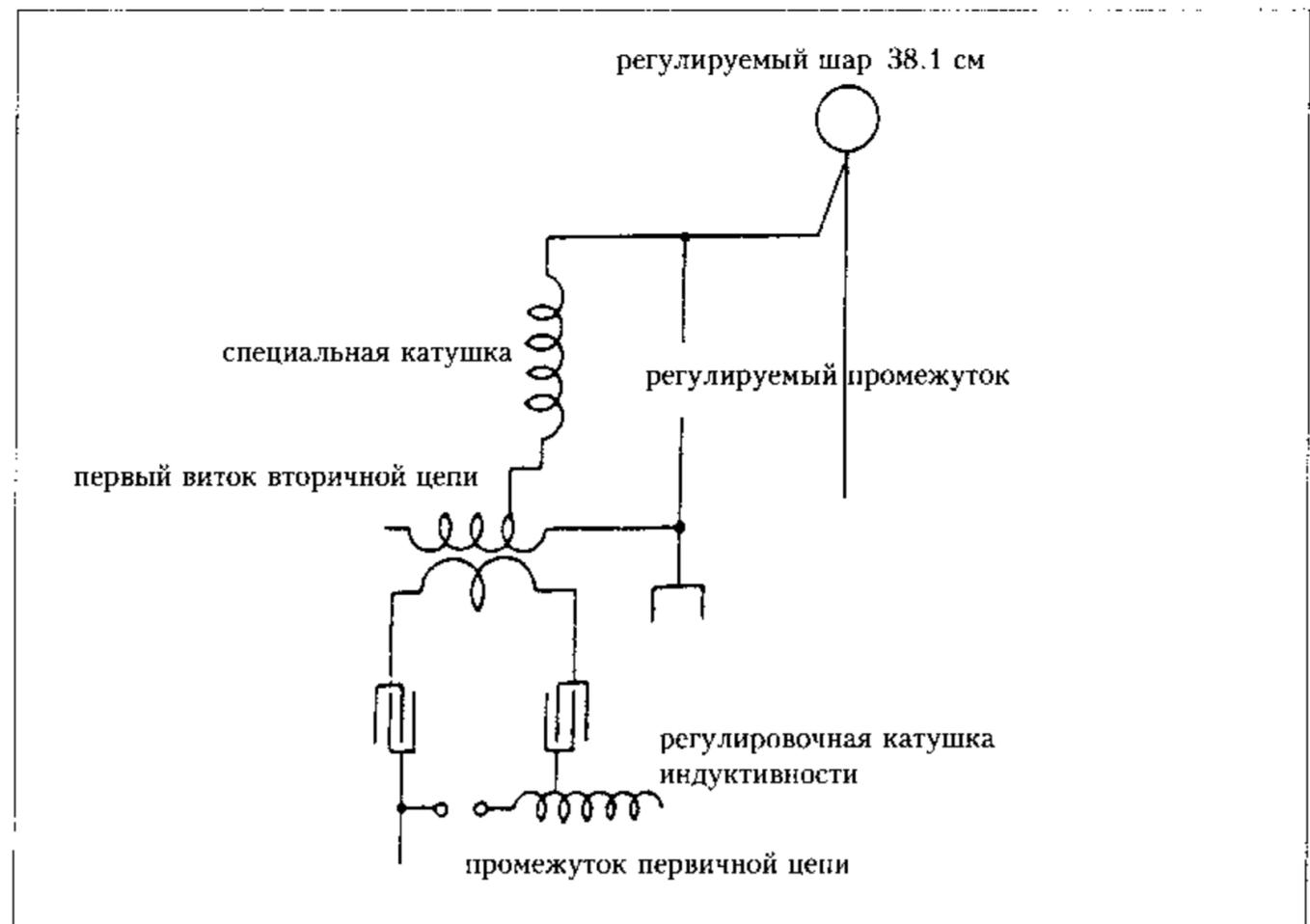
и $n = 43000$.

Отсюда длина волны может составить примерно $186/43 = 4.33$ мили, или $\lambda/4 = 1.08$ мили = 5700 футов, хотя остается еще немного провода. Вероятно, индуктивность и емкость, или одна из них, в первичной цепи были несколько уменьшены, или же провод оказался не совсем той длины, на которую был рассчитан.

Колорадо-Спрингс

9 октября, 1899

Сегодня предприняли еще одну попытку более точно определить степень увеличения емкости тела в зависимости от его нахождения над землей. Использовали ту же регулирующую сферу, а для исключения каких-либо влияний, которые могли вызвать погрешности, мы задействовали специальную катушку с намоткой из 404 витков того же провода, что и раньше, при этом провод был намотан чуть выше. Эту катушку соединили с первым витком



вторичной цепи осциллятора, то есть с первым от земли витком. Это дало не большую первоначальную эдс и весьма значительно снизило вероятность погрешности, обусловленной емкостью. (Здесь имеется в виду распределенная емкость.) Поскольку полученные напряжения были гораздо меньше благодаря небольшому исходному напряжению на специальной катушке, стримеры не появлялись и, следовательно, наблюдение за результатами не осложнялось, как это иногда имело место ранее. Схема соединений понятна из нижеприведенной таблицы. Эксперимент был специально нацелен на получение ряда показателей, определяемых с максимальной точностью, при условии, что шар располагался полностью над зданием. Из-за наступившей темноты нам удалось получить только три замера, но эти показатели были, по всей видимости, весьма близки к истине, так как результаты не менялись и после неоднократных настроек. Результаты приведены ниже.

Высота шара над землей	Количество витков в регулируемой катушке	Суммарная индуктивность в первичной цепи	Суммарная емкость в первичной цепи в мкФ
35.66 фута	22	регулируемая катушка 79200 соединения 6600 первичная цепь 56400 } 142200 см	8 резервуаров на каждой стороне 0.15264
34.66 —"	19	129 400 см	0.15264
33.66 —"	16 (чуть меньше)	118 600 см	0.15264

Теперь, поскольку емкость в первичной цепи была одной и той же, изменение емкости во вторичной непосредственно зависело от изменения индуктивности первичной цепи. Вышеприведенные цифры показывают, что от 33.66 фута до 34.66 фута, то есть при подъеме на один фут, увеличение составляло 9.1%, в то время как при подъеме на следующий фут она увеличивалась почти на 9.9%, в среднем на 9.5%. При такой скорости увеличение емкости надземной сферы с увеличением высоты от земли должно быть больше, чем было зафиксировано. Абсолютный коэффициент прироста можно вычислить из периода колебаний. Как мы ранее выяснили, сферическая катушка с 400 витками имела индуктивность 44 772 000 см. Однако теперь с 404 витками она может увеличиться примерно на 1%, так что теперь индуктивность может составить

$$\left. \begin{array}{l} 44\,772\,000 \\ 447\,720 \end{array} \right\} = 45\,219\,720 \text{ см.}$$

Но к этому следует еще добавить индуктивность одного витка вторичной цепи и провода, идущего к шару, а также провода, идущего от низа специальной катушки к первому витку вторичной цепи. Суммарная длина этих трех проводов равна 240 футам, а это около 12% общей длины провода в специальной катушке, которая составляет 2854 фута. Но ввиду того, что один вторичный виток расположен очень близко к первичному и поскольку два других провода не были смотаны в катушку, индуктивность этих проводов сравнительно небольшая: по расчетам, несколько выше 200 000 см, так что суммарная индуктивность составляла при достаточно корректной аппроксимации 44 500 000 см, или около 0.0445 генри. Тогда с шаром емкостью 38.1 см период вторичной цепи должен составлять

$$T_s = \frac{2\pi}{1000} \sqrt{\frac{38.1}{9 \times 10^5} \times 0.0445} = \frac{2\pi}{3 \times 10^7} \sqrt{1695.45} = \frac{86.19}{10^7}$$

и $n = 116000$. Это позволит не обращать внимания на внутреннюю емкость самой катушки и ее роль в замедлении колебаний. Так вот, эту емкость можно приблизительно рассчитать так же, как и абсолютный прирост емкости сферы под воздействием колебаний первичной цепи.

Подставим цифровые данные для шара при высоте 33.66 фута от земли и получим период колебаний первичной цепи:

$$T_p' = \frac{2\pi}{1000} \sqrt{0.15264 \times \frac{118\,600}{10^9}} = \frac{26.7}{10^6}, \text{ или } = \frac{267}{10^7}.$$

Эти колебания, несомненно, медленнее, чем колебания с периодом T_s , и можно без труда заметить, что

$$\frac{T_s}{T_p'} = \frac{86.19}{267} = \sqrt{\frac{38.1}{C + 38.1}},$$

где C есть внутренняя емкость катушки. Допустим теперь, что емкость не распределяется по всей катушке, а сосредоточена в одном месте, и мы получим:

$$C + 38.1 = 38.1 \times \left(\frac{267}{86.19}\right)^2 \text{ и } C = \left[\left(\frac{267}{86.19}\right)^2 - 1\right] \times 38.1 \text{ см.}$$

Доведем этот расчет до конца и получим значение для

$$C = [(3.098)^2 - 1] \times 38.1 = (11.597 - 1) \times 38.1 = 10.597 \times 38.1 = 403.75 \text{ см.}$$

Этот результат не является фактической емкостью катушки, но той идеальной емкостью, которую должна иметь сфера, чтобы соответствовать колебаниям первичной цепи.

Теперь мы можем выразить

$$T_p' = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{0.0445 \times \frac{(403.75 + c)}{9 \times 10^5}} \quad 1)$$

Сопротивление катушки, служащей для определения влияния высоты подъема на емкость:

400 витков, кабель № 20
барабан 25.25"

с кабелем 31.20
кабель 0.596

Только катушка 30.604 ома

Сопротивление вторичной
цепи, последний замер

с кабелем 3.36
кабель 0.596

Только вторичная цепь 2.764 ома.

Колорадо-Спрингс

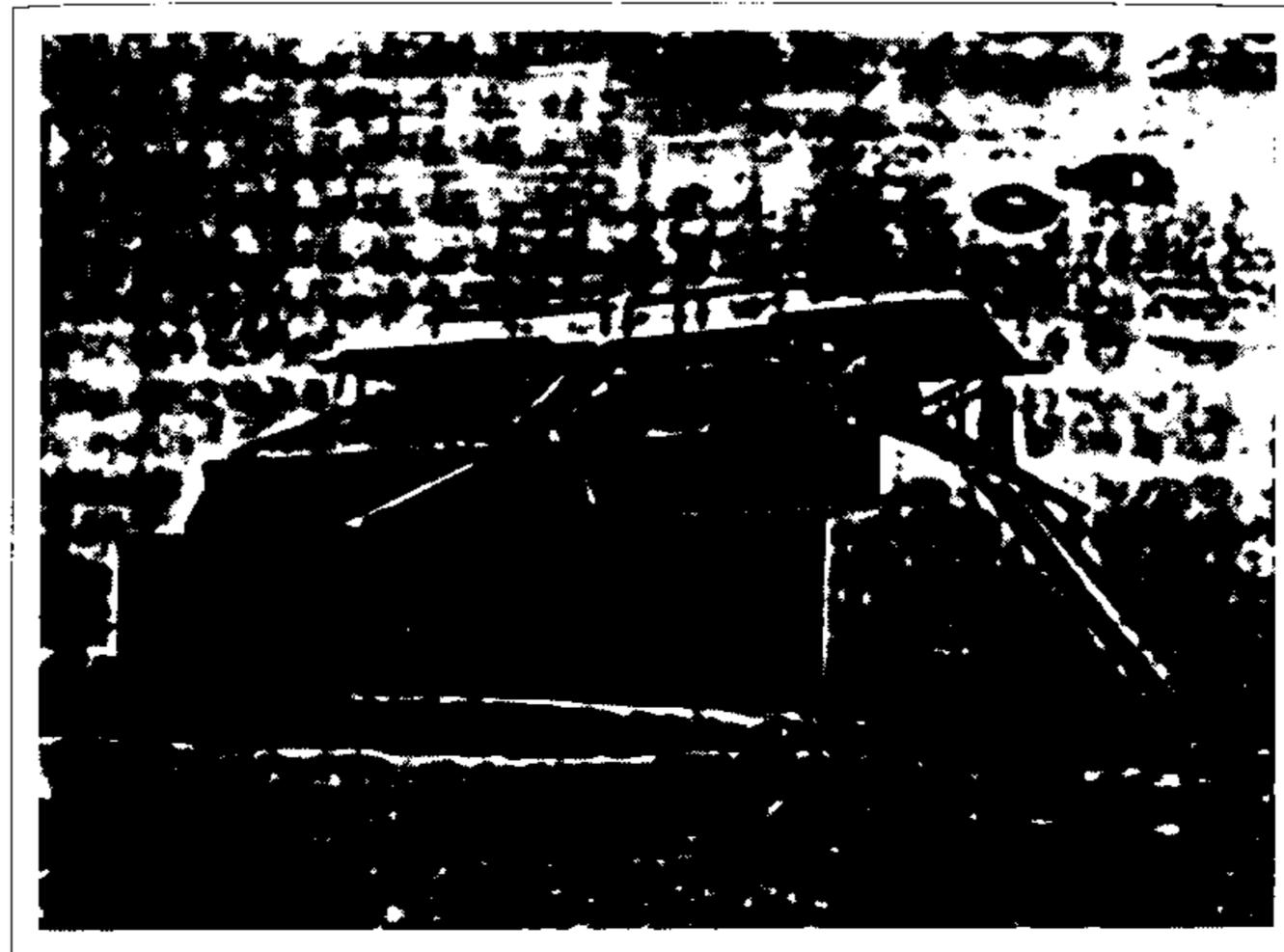
11 октября, 1899

*Условия, при которых были сделаны фотографические снимки стримеров
вчера поздно вечером и сегодня рано утром*

Сначала на две пластины экспонировали десять вспышек, каждая продолжительностью $\frac{1}{2}$ секунды. Эти вспышки исходили от заостренного конца обрезиненного кабеля, или провода № 10, который находился сверху на добавочной катушке. Конец провода отклонялся примерно на 45° от перпендикулярной прямой и был направлен книзу. Был сделан полный снимок вида спереди. Выявилась любопытная подробность. Один из больших стримеров, длиной около 22 футов, исчезал на протяжении около одного фута, а затем появлялся снова еще примерно на 2 фута, так что его общая длина была около 25 футов, включая темный промежуток в один фут. Очевидно, ток проходил расстояние в один фут через воздух или частицы пыли, которые, по всей вероятности, лучше проводят ток, и путь тока имеет большее сечение. Возможно, воздух в этом месте был наэлектризован в такой степени, что возникало это явление.

В следующем эксперименте была проведена фотосъемка с экспозицией примерно сорока вспышек на две пластины; композиция была прежней.

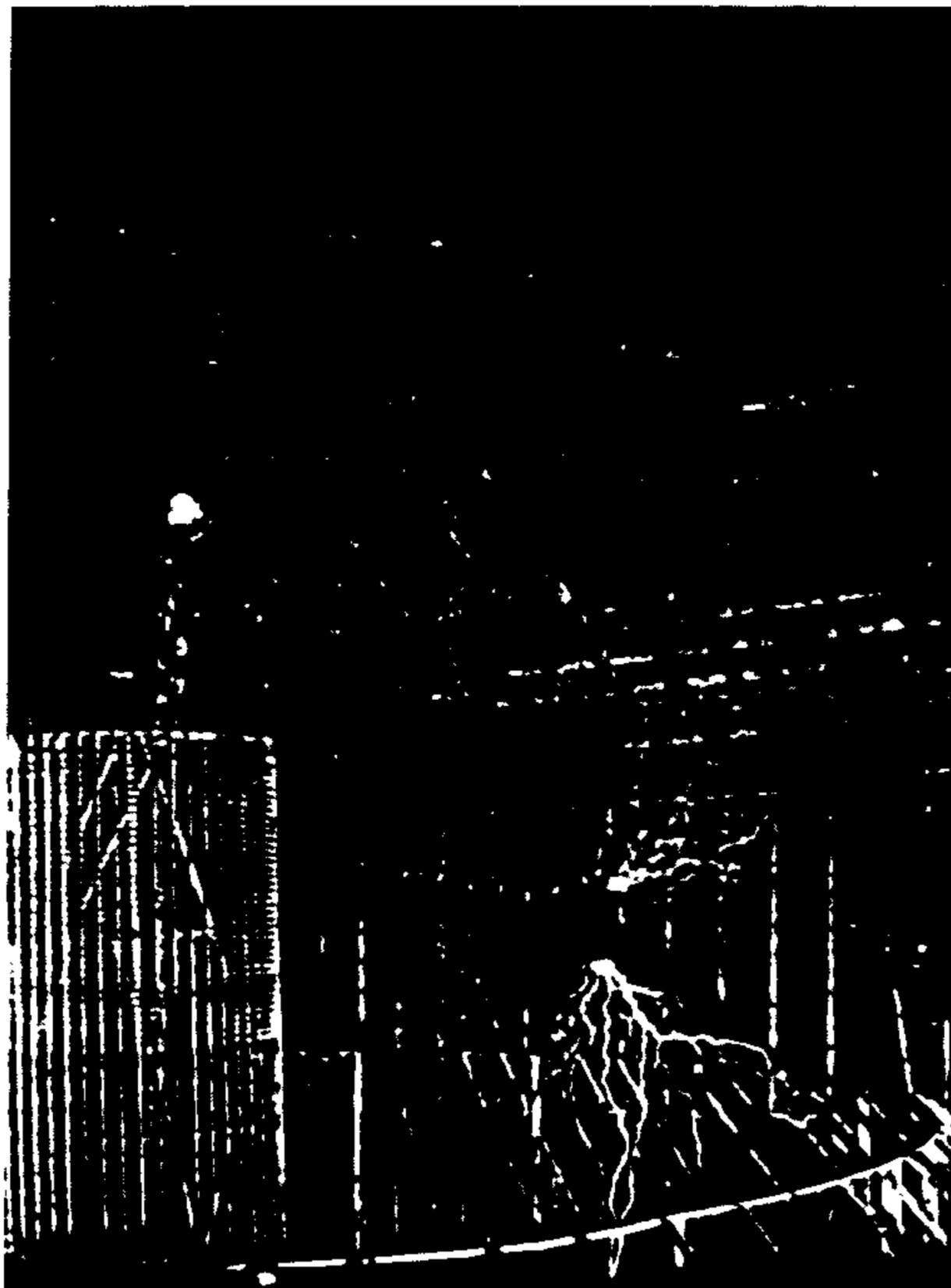
После этого сделали снимок однократной короткой вспышки с экспозицией примерно в одну секунду. Композиция опять была прежней. Затем на конце провода укрепили тонкий цинковый диск и опять сделали снимки на две пластины, при этом имело место около двадцати вспышек. Далее мы повернули катушку и сделали снимки сбоку с экспозицией примерно в сорок вспышек опять на две пластины, как и в предыдущих случаях, и для надежности использовали две фотокамеры. После этого цинковый диск сняли и



*Экспериментальная лаборатория в Колорадо-Спрингс
в стадии становления*

укрепили шар диаметром 4" на конце обрезиненного провода № 10. Опять сделали снимок с экспозицией примерно 50 вспышек. Как и предполагалось, стримеры от шара были несколько сильнее, чем от заостренного конца провода, так как выброс происходил при более высоком напряжении. И в этом случае мы использовали две пластины.

Следующий эксперимент заключался в том, чтобы на двух пластинах получить фотоснимок только вторичной цепи в состоянии резонанса. Это было необычайно красивое явление. Светился не только верхний провод, но и от нижнего провода (следующий нижний виток) исходила равномерная полоса стримеров очень тонкой структуры, и ее площадь должна была равняться нескольким сотням квадратных футов. Свободный конец вторичной цепи заканчивался шаром 38.1 см, присоединенным к нему на расстоянии 32" от земли, но благодаря большому радиусу кривизны искровые разряды не соскакивали с шара к заземленной цинковой пластине внизу, хотя расстояние было сравнительно небольшим. Во время экспериментов короткий, но плотный поток исходил от свободного вывода добавочной катушки, которая другим своим концом была соединена с землей и до такой степени возбуждалась посредством



Высокочастотный трансформатор с конической вторичной обмоткой и добавочная катушка в действии

колебаний вторичной цепи, что имела, как указывалось в предыдущем случае, такой же период колебаний. Свечение, исходившее от проводов вторичной цепи, особенно вблизи конденсаторов, было необычайно синего цвета и, скорее всего, оказывало сильное воздействие на пластину, хотя интенсивность была невелика. Рубильник включали пятьдесят раз на $\frac{1}{3}$ секунды, возможно, на $\frac{1}{2}$.

Последний эксперимент заключался в установлении условий резонанса добавочной катушки и вторичной цепи, подключенных последовательно с шаром 38.1 сантиметра, находившемся на свободном конце добавочной катушки, при этом шар был расположен на минимальной высоте — 22.66 фута от земли. Другой шар такого же размера оставался, как и раньше, подключенным к концу вторичной цепи, будучи присоединенным к нижнему концу добавочной катушки. Поскольку существовала большая опасность воспламенения крыши, мы несколько уменьшили мощность, тем не менее нам предстало зрелище дивной красоты. Это был наиболее значительный эксперимент, в ходе которого от шара емкостью 38.1 см исходили стримеры, что свидетельствовало об очень высоком напряжении, а также о невероятной скорости поступления энергии в колебательную систему. Произошло сорок вспышек, а затем в глубине засияла дуга первичной цепи, завершая общую картину.

Колорадо-Спрингс

12 октября, 1899

Измерение индуктивности катушки с 404 витками, которую мы использовали при исследовании влияния высоты подъема

$l = 57.125'' = 145.1$ см, диаметр барабана $25.25'' = 64.14$ см.

Площадь одного витка 3231 кв. см.

Ранее сделали расчет для 400 витков, когда провод поначалу наматывали с несколько меньшим натяжением. Получили следующее значение:

$$L = \frac{4\pi N^2 S}{l} = 44\,772\,000 \text{ см.}$$

После уточнения значения l , которое при повторном, более тщательном, измерении оказалось равным лишь $46 \frac{7}{8}''$, и учитывая, что $N = 404$, получили значение $L = 45\,670\,000$ см. Произведенные сейчас измерения дали следующие данные:

$I = 4.28$ $E = 194$ $R = 30.604$ $\omega = 880$ $E/I = 45.327$,
а отсюда следует:

$$L = \frac{\sqrt{45.327^2 - 30.604^2}}{880} = \frac{33.435}{880} = 0.03788 \text{ Гн,}$$

или $L = 37\,880\,000$ см.

Значение, полученное в результате измерения, должно быть меньше расчетного, но не намного. Возможно, сказывается влияние внутренней емкости, но более вероятно, что ток был замерен не совсем точно. Следует внести поправки после проведения точных измерений.

Колорадо-Спрингс

13 октября, 1899

Измерение индуктивности добавочной катушки и вторичной цепи.
Последняя разработка

Замеры для добавочной катушки:

$$I = 5.9 \quad E = 119 \quad R = 3.104 \quad \omega = 880$$

$$\frac{E}{I} = \frac{119}{5.9} = 20.17, \text{ отсюда}$$

$$L = \frac{\sqrt{20.17^2 - 3.104^2}}{880} = \frac{19.93}{880} = 0.022648 \text{ Гн, или}$$

$$L = 22\,648\,000 \text{ см.}$$

Замеры для одиночного провода вторичной цепи, самый последний вариант:

$$I = 6.77 \quad E = 60 \quad R = 2.764 \quad \omega = 880$$

$$\frac{E}{I} = \frac{60}{6.77} = 8.8626 \text{ и}$$

$$L = \frac{\sqrt{8.8626^2 - 2.764^2}}{880} = \frac{\sqrt{70.9060}}{880} = \frac{8.42}{880} = 0.0095682 \text{ Гн, или}$$

$$L = 9\,568\,200 \text{ см.}$$

Колорадо-Спрингс

14 октября, 1899

Определение периода свободных колебаний вторичной цепи с емкостью и без емкости на свободном выводе, а также добавочной катушки и катушки с 404 витками, которые мы использовали в описанных выше исследованиях

Настройку осуществили способом, на котором более подробно остановимся позднее и который обеспечивал более точные результаты измерений, чем при возбуждении, как в некоторых предыдущих экспериментах, от первичного тока или от витка вторичной обмотки осциллятора.

В ходе этих испытаний возбуждение достигалось путем непосредственного соединения одного из выводов (нижнего) катушки, подлежащей замеру, с одним из выводов конденсаторов первичной цепи (с тем, который соединен с резервуаром трансформатора В[естингауза]).

Результаты измерений приводятся ниже.

Для вторичной обмотки осциллятора:

Емкость в первичной цепи	Индуктивность в первичной цепи	Комментарий
Суммарно	Витки регулируемой катушки + соединение	
$[(8 \times 36) - 2] / 2$ бутылки = 0.126 мкФ приблизительно	15 + соединение	Отсутствие емкости на свободном выводе
$[(8 \times 36) - 2] / 2$ бутылки = 0.126 мкФ приблизительно	$15 \frac{1}{4}$ + соединение	Шар диаметром 38.1 см
$[(8 \times 36) - 2] / 2$ — " —	$19 \frac{1}{4}$ + соединение	Конструкция из стальных труб (описание будет позднее) с шаром диаметра 38.1 см на высоте приблизительно 141 фут от земли
Для добавочной катушки:		
$[(8 \times 36) - 2] / 2$ бутылки = 0.126 мкФ приблизительно	$19 \frac{1}{4}$ + соединение	Наличие вышеназванной конструкции, соединенной со свободным выводом

Для катушки в 404 витка, применявшейся в предыдущих исследованиях:

[(6 × 36) - 2] / 2 бутыл- 8 + соединение Очень тонкая настройка
ки = 0.11342 мкФ. без емкости на конце

Примечание. При возбуждении от вторичного контура (первый виток), полученном в предыдущем эксперименте с этой катушкой:

[(5 × 36) - 2] / 2 бутыл- 17 1/2 + 2 первичных Настройка была не сов-
ки = 0.094255 мкФ витка + соединение сем острой

Колорадо-Спрингс

15 октября, 1899

Продолжая анализировать наблюдения, сделанные 9 октября, о влиянии высоты подъема на емкость и используя вместо расчетного значения индуктивности катушки, применявшейся в экспериментах, значение, полученное в ходе эксперимента, которое, с поправкой на один вторичный виток и соединительные провода, можно принять за 0.04 генри, мы, при условии, что теперь катушка имеет очень незначительную емкость, получаем период вторичной обмотки катушки с шаром:

$$T_s = \frac{2\pi}{1000} \sqrt{0.04 \times \frac{38.1}{9 \times 10^5}}, \text{ или}$$

$$T_s = \frac{0.8164}{10^5} = \frac{81.64}{10^7}$$

Тогда T_p равен $267 / 10^7$, отсюда

$$\frac{T_s}{T_p} = \frac{81.64}{267} = 0.306 = \sqrt{\frac{38.1}{38.1 + C}}$$

по аналогии с предыдущим, а отсюда

$$0.306^2 = \frac{38.1}{38.1 + C}, \text{ или}$$

$$C = \frac{38.1}{0.09364} - 38.1 = \frac{38.1 \times 0.90636}{0.09364} = 38.1 \times 9.68 = 368.8,$$

тогда

$$T_p' = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{0.04 \times \frac{368.8 + c}{9 \times 10^5}} \quad \text{и} \quad T_p'' = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{0.04 \times \frac{368.8 + c'}{9 \times 10^5}},$$

но $T_p'' = 279 / 10^7$ и поэтому

$$\frac{T_p'}{T_p''} = \frac{267}{279} = \sqrt{\frac{0.04 \times \frac{368.8 + c}{9 \times 10^5}}{0.04 \times \frac{368.8 + c'}{9 \times 10^5}}}; \quad 1.045 = \frac{279}{267}, \text{ а отсюда}$$

$$(1.045)^2 = \frac{368.8 + c'}{368.8 + c}, \text{ где } c = 38.1$$

$$1.092 \times (368.8 + 38.1) = 368.8 + c' \text{ и}$$

$$c' = 368.8 \times (1.092 - 1) + 38.1 \times 1.092 = 75.53 \text{ см.}$$

Это значение лишь ненамного меньше, чем ранее полученное. Из этого результата следует вывод, что при подъеме сферы от отметки 33.66 фута до отметки 34.66 фута емкость увеличивалась с 38.1 до 75.53 см, или примерно на 98.3%, что чуть меньше, чем в прежних расчетах.

Колорадо-Спрингс

16 октября, 1899

Индуктивность вторичной цепи, в которую внесли изменения, намотав другой провод № 10 параллельно первому. Все остальные параметры оставили прежними.

Результаты измерений:

$$I = 7.1 \quad E = 60.5 \quad R = 1.382 \quad \omega = 880$$

$$\frac{E}{I} = 8.521$$

$$L = \sqrt{8.521^2 - 1.382^2} = \frac{\sqrt{70.6975}}{880}$$

$$L = \frac{8.41}{880} = 0.0095568 \text{ Гн, или}$$

$$L = 9 \ 556 \ 800 \text{ см.}$$

Это почти совпадает с результатом первого измерения, проведенного несколько дней тому назад; разница всего $1/10\%$.

Колорадо-Спрингс

17 октября, 1899

Опора для емкости добавочной катушки, спроектированная специально для исследования колебаний земли

Эта конструкция была смонтирована на мачте квадратного сечения $10'' \times 10''$, сужающейся на конус в верхней части. Использовали сухую ель из-за твердости древесины, а также ее смолистости. Мы применили стальные трубы диаметром $7''$, $6''$, $5''$, $4''$, $3\frac{1}{2}''$, $3''$ и $2\frac{1}{2}''$, вставляя их одна в другую с нахлестом в $2'$ и закрепляя заклепками каждое соединение.

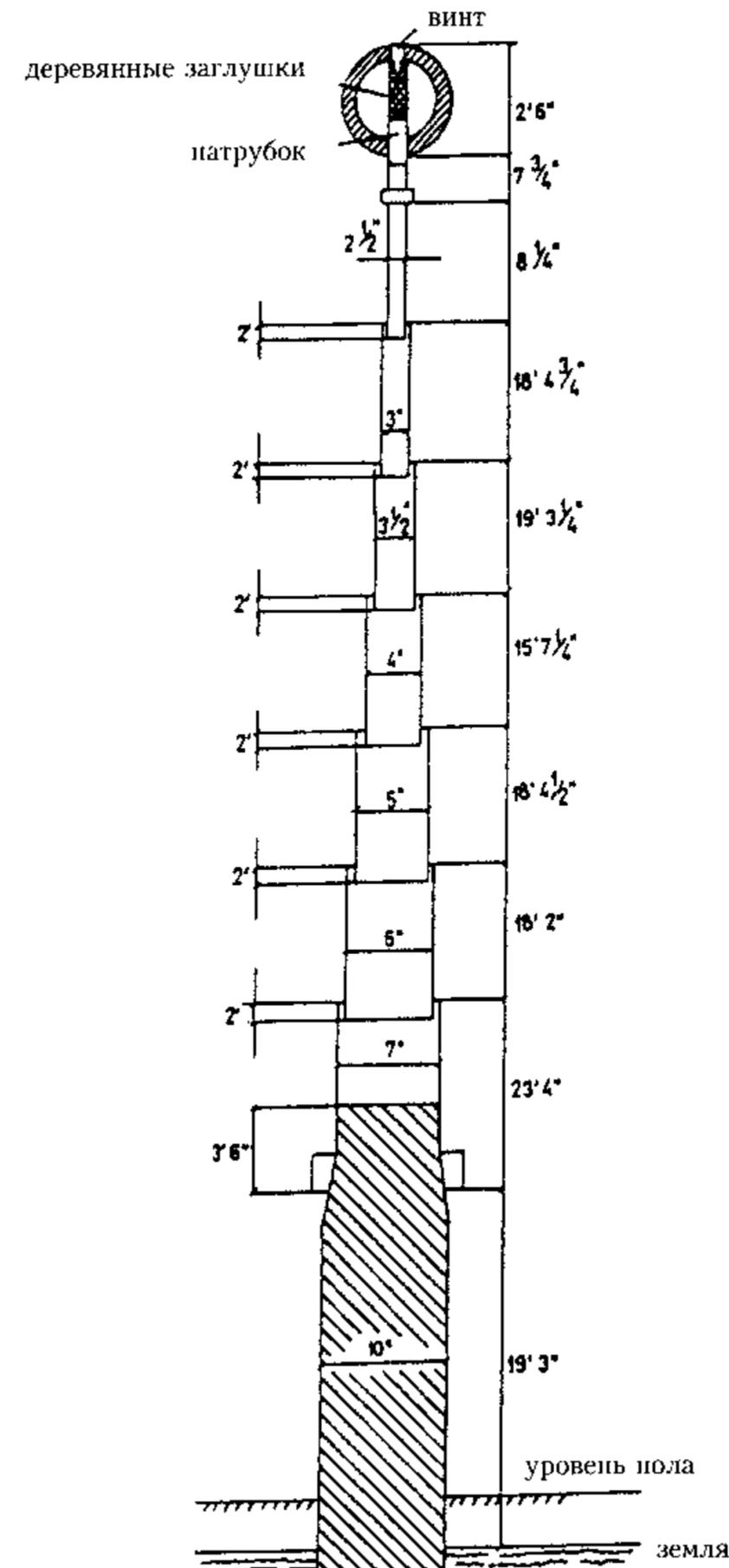
Трубы имели следующие длины:

7" в диаметре	23' 4"
6" — " —	18' 2"
5" — " —	18' 4 $\frac{1}{2}$ "
4" — " —	15' 7 $\frac{1}{4}$ "
3 $\frac{1}{2}$ " — " —	19' 3 $\frac{1}{4}$ "
3" — " —	18' 4 $\frac{3}{4}$ "
2 $\frac{1}{2}$ " — " —	8' 1 $\frac{1}{4}$ "

Сверху был укреплен шар диаметром $30''$, полый, деревянный, очень гладко облицованный оловянной фольгой, а швы были утоплены, с тем чтобы не было токопроводящих выступов. Все стыки труб, головки заклепок и т.д. были покрыты сначала чистым листовым каучуком, а затем изоляционной лентой, которую, в итоге, закрепили прочной веревкой.

патрубок сверху	7 $\frac{3}{4}$ "
общая длина труб	121' 9 $\frac{3}{4}$ "
Еловая мачта	19' 3"
Общая высота от пола	141' 3 $\frac{3}{4}$ "
До земли	1'
Общая высота от земли до нижней точки шара	142' 3 $\frac{3}{4}$ "

Шар пропитали шеллаком несколько раз и в завершение покрыли атмосферостойкой краской на основе каучука. Мачту также всю покрасили той же краской. К нижнему концу $7''$ трубы шурупами прикрепили насадку, оставив неприкрытой древесину, чтобы усложнить стримерам прохождение к земле



Для предотвращения побочных действий использовали 8 бутылок из-под шампанского, расположив их в виде пучка лучей.

Колорадо-Спрингс

18 октября, 1899

Для более глубоких исследований, в частности для проведения дальнейших изысканий, связанных с увеличением емкости от высоты подъема, необходимо построить новую катушку, сделав это максимально точно по размерам, приводимым ниже

диаметр сердечника $14'' = 35.5$ см
длина сердечника $8 \times 12'' = 243.84$ см.

Катушку будем наматывать проводом № 20, ранее применявшимся в катушке с 404 витками, на барабан диаметром $25.25''$.

Допустимая толщина изоляции 0.354 см.

Это дает общий диаметр — $d = 35.854$ см, тогда мы получим приблизительное значение площади одной петли $S = 1000$ кв. см.

При такой длине должно получиться 689 витков, а это составит $L = (4\pi/l) N^2 S = 24490000$ см приблизительно, или $L = 0.02449$ генри.

Эта катушка вполне подойдет для намеченных целей, так как ее индуктивность большая, а благодаря малому диаметру сердечника и значительной толщине изоляции емкость должна быть сравнительно небольшой. Такая катушка требует применения шаров с диаметром $18''$ и $30''$.

Диаметром сердечника должен составлять точно $14.0485'' = 35.6825$ см при $S = 1000$ кв. см.

Колорадо-Спрингс

19 октября, 1899

Экспериментальная катушка, применявшаяся ранее при исследовании распространения волн через землю

Мы перемотали эту катушку, и теперь имеем оптимальные параметры, приводимые ниже.

Внешний диаметр сердечника $= 10 \frac{3}{8}'' = 10.375'' = 26.3525$ см, 550 витков, провод № 18 B&S, парафинированный, толщина его изоляции $14''/1000$, длина сердечника $l = 40 \frac{7}{8}'' = 40.875'' = 103.8225$ см.

Мы можем не принимать во внимание изоляцию, так как сердечник не идеально круглый, а любая неравномерность уменьшает площадь, и мы, как правило, получаем большее значение. Тогда, исходя из вышеприведенных данных, площадь одной петли

$$S = \pi / 4 d^2 = 0.7854 \times 26.3525^2 = 545.241 \text{ кв. см.}$$

Далее находим

$$L = \frac{4\pi}{l} N^2 S = \frac{12.5664 \times 302\,500 \times 545.42}{103.8225} = 19\,970\,000 \text{ см приблизительно, или}$$

0.01997 Гн.

Таким образом, эту катушку можно использовать также для исследований емкости в зависимости от изменения высоты подъема. Предполагаемая емкость шара и диаметр $18''$ могут составить: $[18'' = 18 \times 2.54 = 45.72 \text{ см}] - C = 22.86$ см, период системы, в данном случае без учета распределенной емкости катушки, составит примерно

$$T = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{0.01997 \times \frac{22.86}{9 \times 10^5}} = \frac{0.447345}{10^5},$$

или $n = 223540$ в секунду приблизительно.

Во время одной пробы резонанс был получен при использовании 42 бутылок: на каждой стороне прерывателя по 21 бутылке, или с емкостью 0.0229 мкФ в первичной цепи обмотки, которая состояла из 6 витков провода № 10 с толстой изоляцией.

Так как произвести замер первичной цепи было несподручно, мы считали L_p , чтобы получить индуктивность:

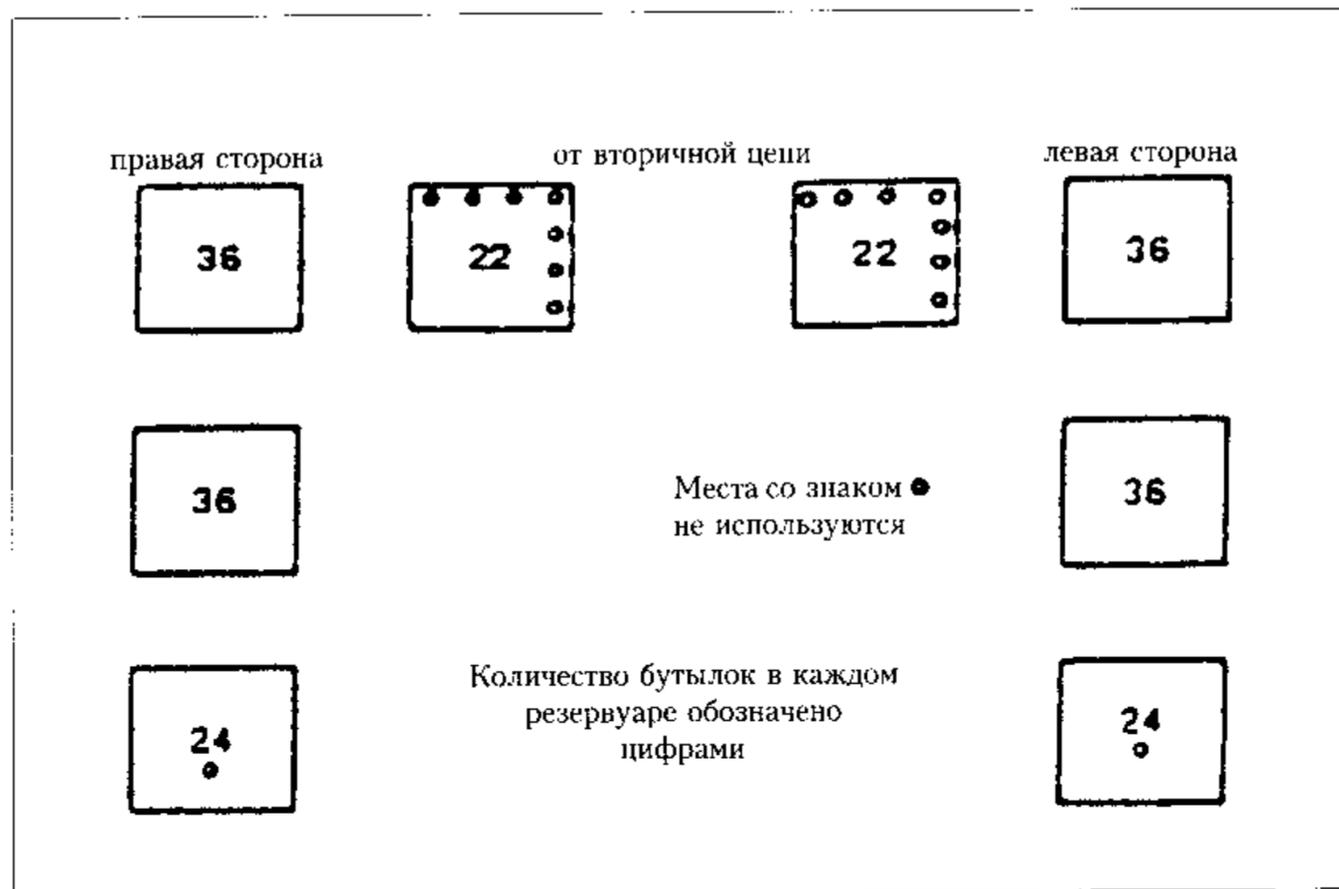
$$\left[\frac{0.447345}{10^5} = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{0.0223 L_p} \right], L_p = 22\,435 \text{ см.}$$

Это удобный и надежный способ, но период необходимо установить с большой точностью. Распределенной емкостью никогда не следует пренебрегать.

Колорадо-Спрингс

20 октября, 1899

С целью уточнения роли внутренней емкости катушки с намоткой из 404 витков, к которой неоднократно прибегали в ходе экспериментов, когда выясняли влияние высоты подъема на емкость проводника, мы настраивали исключительно катушку, присоединив к ней лишь провод небольшой длины. Резонанс с первичным контуром достигался при использовании 118 бутылок на обеих сторонах и с одним первичным витком. В качестве справочного материала на будущее на чертеже указан план размещения резервуаров.



Суммарная емкость в первичной цепи составила, следовательно, $118/2 = 59$ бутылок. Поскольку один резервуар, то есть 36 бутылок, соответствует 0.03816 мкФ, емкость равна $59/36 \times 0.03816 = 0.06254$ мкФ.

Теперь рассчитаем индуктивность в первичной цепи: один виток первичной обмотки + соединения = $56400 + 6600 = 63000$, а с учетом полувитка катушки индуктивности мы можем допустить приблизительный результат $64/10^6$ генри.

Период равен

$$T_p = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{\frac{64}{10^6} \times 0.06254} = \frac{8 \times 2\pi}{10^6} \sqrt{0.06254} = \frac{4\pi}{10^6} = \frac{12.5664}{10^6},$$

а отсюда $n = 79600$ в секунду. Вторичный контур колебался синхронно, следовательно,

$$T_s = T_p = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{0.04 \times C},$$

где C обозначает емкость, которую можно было присоединить к катушке, если бы она не имела собственной емкости, и эта емкость вместе с индуктивностью катушки, равной 0.04 Гн, как мы ранее определили, задавала бы период

$$T_s = \frac{4\pi}{10^6} = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{0.04C}.$$

Отсюда следует $C = 1/10^4$ мкФ, или $(9 \times 10^5) / 10^4 = 90$ см.

Это то значение, которое мы нашли экспериментальным путем, и оно более достоверно, чем полученное иными способами. Имея это значение и добавив к катушке сферу радиусом 38.1 см, мы получим суммарную емкость системы: $90 + 38.1 = 128.1$ см, и тогда мы получим период системы, который должен иметь следующее значение:

$$T'_s = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{0.04 \times \frac{128.1}{9 \times 10^5}} = \frac{4\pi}{3 \times 10^6} \sqrt{12.81} = \frac{4\pi}{3 \times 10^6} \times 3.58 = \frac{14.9958}{10^6},$$

или $15/10^6$ приблизительно = T'_s , или $n = 66666$ в сек.

Теперь мы можем найти емкость в первичной цепи, необходимую для резонанса со вторичной. Период первичной цепи будет равен

$$T'_p = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{\frac{64}{10^6} C_p}, \text{ где } C_p \text{ есть необходимая емкость в первичной цепи. Так}$$

вот, теперь мы имеем

$$T'_p = T'_s = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{\frac{64}{10^6} C_p} = \frac{4\pi}{3 \times 10^6} \times 3.58 \text{ и, исходя из вышесказанного,}$$

$$\sqrt{\frac{64}{10^6} C_p} = \frac{2 \times 3.58}{3 \times 10^3}, \text{ или } \sqrt{C_p} = \frac{3.58}{12}, \text{ или } C_p = \left(\frac{3.58}{12}\right)^2 = 0.096 \text{ мкФ.}$$

Поскольку одна бутылка соответствует, примерно, $0.03816/36$ мкФ, нам потребуется $0.096: (0.03816/36) = 90.6$ бутылки всего, или на обеих сторонах прерывателя $2 \times 90.6 = 181.2$ бутылки. Предположительно, емкость шара могла бы равняться 38.1 см, но практически это неосуществимо, поскольку его следовало бы удалить от всех объектов. На самом деле, емкость всегда будет гораздо больше, и вся система будет колебаться, как правило, намного медленнее. Экспериментальное испытание, фактически, доказало, что резонанс достигается с шаром на расстоянии $10-18$ футов от земли, при этом были задействованы все бутылки и, вдобавок, $5 \frac{1}{2}$ витка в блоке индуктивности. Настройка была, естественно, не точной, так как емкость велика, и максимум проявился, когда шар находился на высоте $10-18$ футов от земли. Чтобы добиться более точной настройки, мы использовали меньший шар, диаметром $18''$, и тогда резонанс появлялся при подъеме шара на 10 футов от земли, со всеми бутылками и без индуктивности в регулировочной катушке.

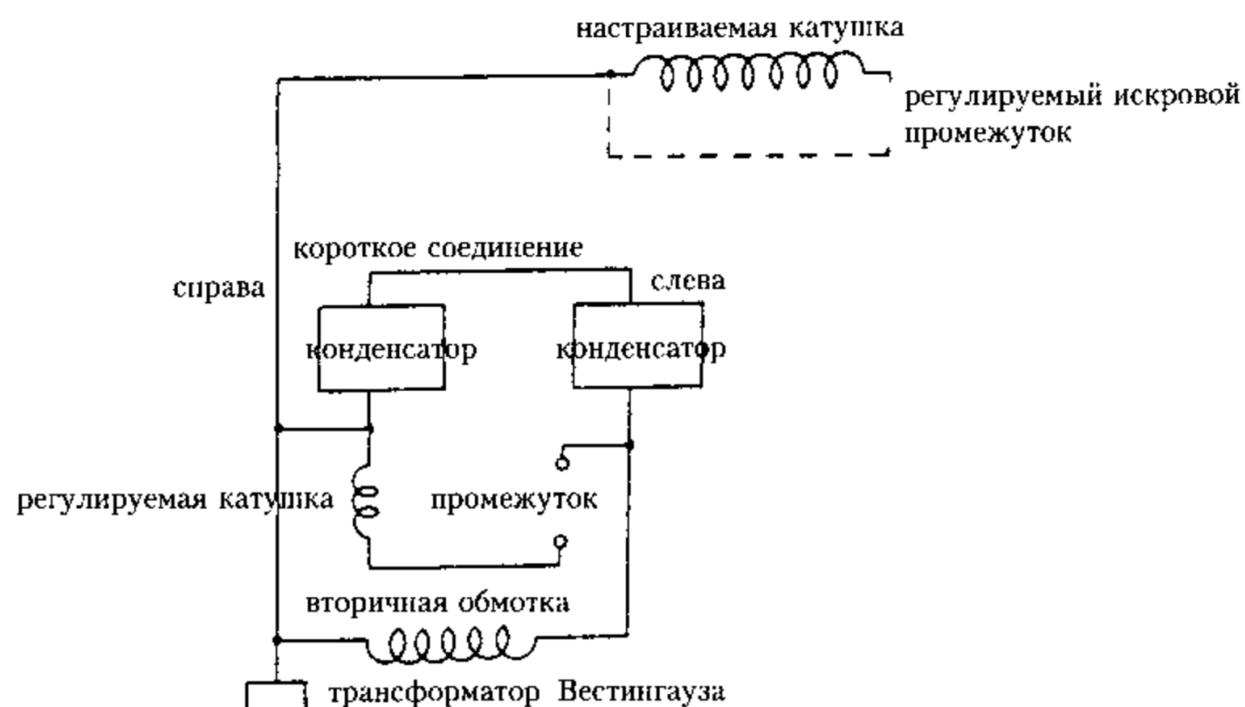
Колорадо-Спрингс

21 октября, 1899

Для определения числового значения соединений с учетом витков регулировочной катушки и для иных целей катушка с 404 витками с присоединенным обрезиненным проводом, была настроена для трех вариантов с разным количеством витков регулировочной катушки. Мы применили метод, который часто использовали в Нью-Йорке и который представлен ниже в виде схемы. Один конец катушки был присоединен к тому концу конденсаторов, или, соответственно, к тому концу или выводу трансформатора, который был заземлен, и рост напряжения свободного вывода настроенной катушки отмечался посредством регулируемого искрового промежутка. Этот метод позволяет с легкостью осуществлять очень точную настройку. Условия резонанса, о чем свидетельствовали самые длинные искровые разряды в регулируемом промежутке, обеспечивался при следующих трех показателях:

Емкость первичной цепи по числу бутылок на обеих сторонах		всего	Количество витков в регулировочной катушке
8 резервуаров меньше на 2 бутылки	= 286 = 0.15157		16.5
7 " "	2 " " = 250 = 0.13249		18 = L_1
6 " "	2 " " = 214 = 0.11341		21 = L_2

В первом случае настройка была не вполне острой, но в последних двух экспериментах она была очень точной. Имея эти данные и принимая индук-



тивность соединений за x , мы можем получить для случая, соответствующего L_1 регулировочной катушки,

$$T = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{0.13249(L_1 + x)},$$

а для случая, соответствующего L_2 катушки индуктивности,

$$T = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{0.11341(L_2 + x)}.$$

Отсюда $0.13249(L_1 + x) = 0.11341(L_2 + x)$ и

$$x = \frac{0.11341L_2 - 0.13249L_1}{0.01908}.$$

Теперь L_1 и L_2 должны быть точно измерены, резонансный метод будет, вероятно, наиболее подходящим для этой цели. Замеры следует провести более тщательно.

В описанных выше экспериментах с целью определения влияния высоты подъема на емкость сферы последняя была соединена с катушкой, в которой было 404 витка проводом № 10 с толстым резиновым покрытием ($3/8$ ""). Этот провод, очевидно, пагубно влиял на период системы, и чтобы удостовериться, в какой степени, провод был помещен в ту же позицию, что и шар в тех экспериментах, когда он находился на минимальной высоте от земли, — 20.66 фута. Мы исключили сферу, а для того чтобы не допустить образования стримеров на конце, он был залит парафином, изолирован лентой и вставлен в стеклянную бутылку с очень толстыми стенками. Резонанс был достигнут в условиях, когда с обеих сторон было $(6 \times 36) - 2$ бутылки, а в регулировочной катушке индуктивности — 21 виток. Согласно расчету, поместили 214 бутылок всего, или по 107 с каждой стороны. В этом испытании первичный виток осциллятора, обычно соединяющий две обкладки конденсаторов снизу, не был задействован, а обкладки были соединены коротким проводом. Поэтому суммарная индуктивность в первичном контуре состояла из 21 витка регулировочной катушки плюс соединения, иными словами, с учетом предыдущих данных, она составила $100800 + 6600 = 107400$ см. А в испытании 9 октября, когда шар присоединили к кабелю, резонанс был получен, когда с обеих сторон было 4.66 резервуара, или $4.66 \times 36 = 168$ бутылок приблизительно. Суммарная индуктивность складывалась из 21.5 витка регулировочной катушки + 1 виток первичной цепи + соединения = $103200 + 56400 + 6600 = 166200$ см, оба значения из расчетных данных. Будь индуктивность одинаковой, мы бы имели вместо 168 бутылок $\frac{166200}{107400} = 260$ бутылок. Таким

образом, применение сферы увеличивало емкость во вторичной колебательной системе с коэффициентом 260/214, или 130/107.

Теперь можно определить период первичной цепи. Емкость составляла 107 бутылок = $107/36 \times 0.03816 = 0.11342$ мкФ. Индуктивность равна, как сказано выше, 107 400 см, или 0.0001074 Гн. Следовательно, период равен

$$\frac{2\pi}{1000} \sqrt{0.0001074 \times 0.11342}.$$

Ну а вторичный контур с присоединенным к нему обрезиненным проводом колебался с одинаковым периодом, равным

$$\frac{2\pi}{1000} \sqrt{0.04 \times C},$$

где C обозначает идеальную емкость, обусловленную индуктивностью катушки. Они обе равны, и мы получаем

$$C = (0.0001074 \times 0.11342) / 0.04 \text{ мкФ, или } (10.74 \times 0.11342 \times 9) / 0.04 = 30.45 \times 9 = 274 \text{ см.}$$

В эту емкость был включен и кабель. Но мы до этого определили емкость катушки отдельно, без присоединенного провода, и она составила 90 см или около того. Поэтому добавление обрезиненного провода внесло значительное изменение. Разница могла бы не быть такой большой, если бы стримеры были полностью исключены, но, несмотря на парафин и стеклянную бутылку, происходила утечка, что имело такие же последствия, как если бы емкость была увеличена.

Поскольку добавление шара увеличивало емкость с соотношением 216/214, мы получаем, выражая через c емкость сферы на начальной высоте в 20.66 фута,

$$\frac{260}{214} = \frac{274 + c}{274} \text{ и отсюда}$$

$$c = \frac{274 \times 46}{274} = 58.88 \text{ см.}$$

Тогда, согласно этой оценке, полученный результат мог бы выражать фактическое значение емкости сферы на данной высоте.

Колорадо-Спрингс

22 октября, 1899

Один из верхних зажимов конденсатора (+), обычно заземляемый, был присоединен к нижнему концу катушки с 689 витками, при этом верхний конец оставался свободным. На этот раз мы исключили заземление с целью

получения более сильного первичного возбуждения. Максимальный рост проявлялся на регулируемом искровом промежутке. Результаты испытаний приведены в таблице ниже:

Емкость в первичном контуре, выраженная в количестве задействованных бутылок	Индуктивность первичного или возбуждающего контура. Витки в регулировочной катушке + соединения	Длина искрового разряда на зажимах катушки	Примечания относительно разряда
$[(8 \times 36) - 2] / 2$	1.125 + соединения	$4 \frac{1}{8}$ дюйма	Искровой разряд
$[(7 \times 36) - 2] / 2$	2.375 + —"	$4 \frac{3}{4}$ дюйма	непрерывно возрастал, а возбуждение
$[(6 \times 36) - 2] / 2$	3.625 + —"	$5 \frac{5}{8}$ —"	снижалось, так как емкость
$[(5 \times 36) - 2] / 2$	4.75 + —"	$5 \frac{3}{4}$ —"	уменьшалась
$[(4 \times 36) - 2] / 2$	6.25 + —"	$5 \frac{7}{8}$ —"	уменьшился
$[(3 \times 36) - 2] / 2$	8.25 + —"	$6 \frac{1}{4}$ —"	стал еще меньше
$[(2 \times 36) - 2] / 2$	11.625 + —"	7 —"	еще меньше
$[(1 \times 36) - 2] / 2$	22 + —"	9 —"	еще меньше
приблизительно $31/2$	24+ —"	почти так же	

Искровой разряд становился длиннее, потому что эффективность возбуждающего контура возрастала, так как индуктивность этой цепи увеличивалась, а емкость уменьшалась. Имелись небольшие потери, и после каждого размыкания система колебалась дольше и сильнее возбуждала катушку.

Теперь мы вместо короткого толстого провода применили два отдельных первичных витка, соединив их параллельно, и получили представленные ниже результаты:

32/2	$13 \frac{1}{4}$ витка + 1 первичный + соединения	Задействован верхний первичный виток
32/2	14 витка + 1 первичный + соединения	Задействован нижний виток

32/2 $14 \frac{1}{2}$ витка + 1 первичный +
+ соединения

Настройка была очень острой
в первых двух случаях, в меньшей
степени — в последнем

Чтобы получить полезные сведения, касающиеся индуктивности соединений, а также различных витков регулировочной катушки, которые чаще всего использовались в экспериментах, были проведены испытания, описание которых приводится ниже. Мы применили специально построенную для этой цели катушку, характеристики которой указаны (689 витков, барабан диаметром 14", длиной 8 футов) и которая возбуждалась от одного зажима конденсаторов, как показано на эскизе ниже. Катушка имела определенный период, который достигался при подключении всех конденсаторов и как можно меньшей индуктивности; мы исключили конденсаторы и увеличивали количество витков в катушке индуктивности, пока резонанс снова не был достигнут. Поскольку период был во всех случаях одинаков, индуктивность контура, соответственно, изменялась обратно пропорционально емкости. Когда вся индуктивность, или почти вся, была изъята и остались только соединения в соответствии с простым соотношением между известными емкостями и известной индуктивностью, мы получили индуктивность соединений, иными словами, эта величина была вычислена по результатам экспериментов (речь идет о периоде указанной выше катушки). Нижние концы конденсаторов, обычно подключаемые к первичной цепи, мы соединили с помощью короткого толстого проводника с малым сопротивлением и индуктивностью.

Метод, примененный в зарегистрированных сегодня экспериментах по определению индуктивности соединений опытным путем, очень удобен и гарантирует надежные результаты. Катушка, применявшаяся в экспериментах, имела очень высокую индуктивность, что затрудняет очень точную настройку, и она была намотана на барабан сравнительно небольшого диаметра, что снижает внутреннюю распределенную емкость. Кроме того, это повышает остроту настройки, и можно было без труда определять отклонения одной шестнадцатой витка регулируемой первичной катушки.

Исходя из предыдущих данных, где l обозначает индуктивность одного витка, а l_1 таковую для 22 витков и C — емкость в первичной цепи, когда было задействовано 1.125 витка, а C_1 — емкость, когда было 22 витка, мы, поскольку период оставался неизменным, получаем:

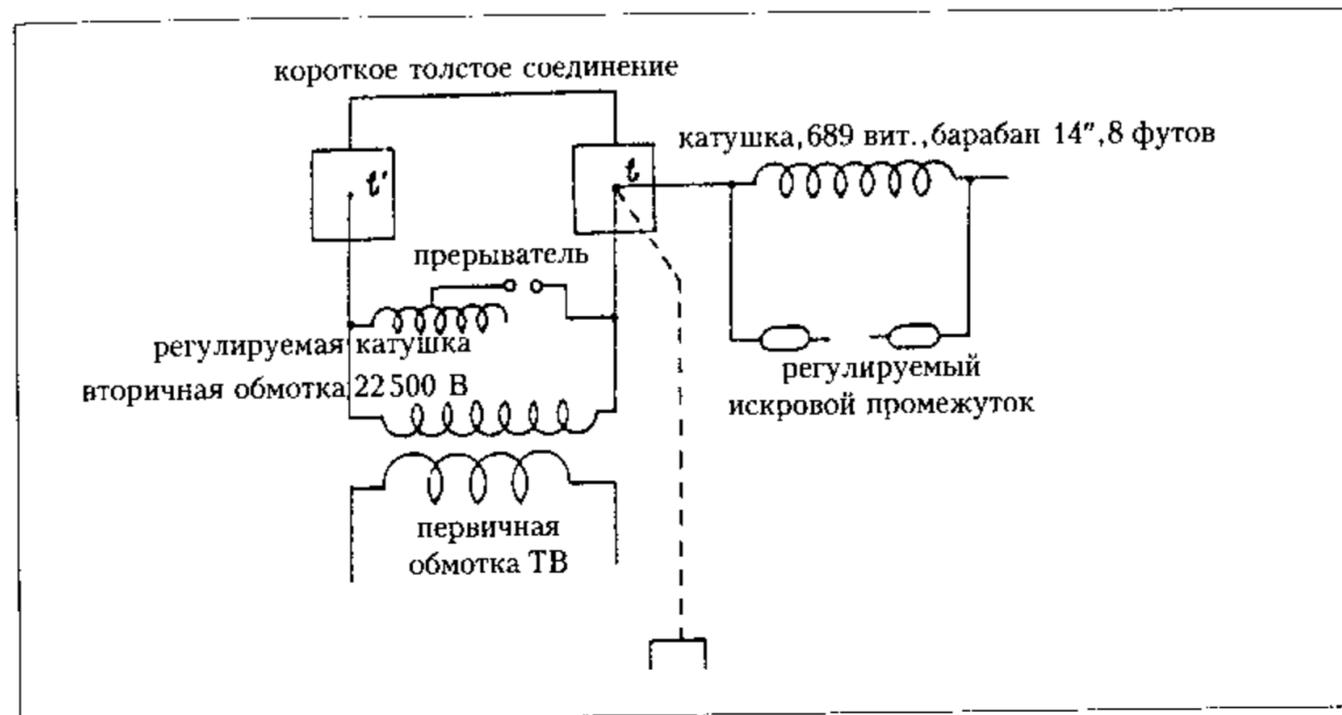
$$(l \times 1.125 + \text{соединения}) C = (l_1 + \text{соединения}) C_1.$$

Теперь нет необходимости определять C и C_1 , поскольку требуется знать лишь период, и мы можем просто нужное количество бутылок для каждого случая. Это составляет:

$$(l \times 1.125 + \text{соединения}) \times 143 = (l_1 + \text{соединения}) \times 17.$$

Так в предыдущем случае l и l_1 имели, примерно, следующие значения:

$$l = 4800 \text{ см}; l_1 = 105000 \text{ см}.$$



Подставим эти значения и получим:

$$(5400 + \text{соединения}) \times 143 = 17 \times (105000 + \text{соединения}) \text{ и соединения} \\ = [(17 \times 1050 - 143 \times 54) \times 100] / 126.$$

Отсюда индуктивность соединений будет иметь значение = 8040 см, или 8000 см приблизительно. Однако было бы желательно исключить витки катушки и, таким образом, сделать расчет индуктивности соединений напрямую.

Колорадо-Спрингс

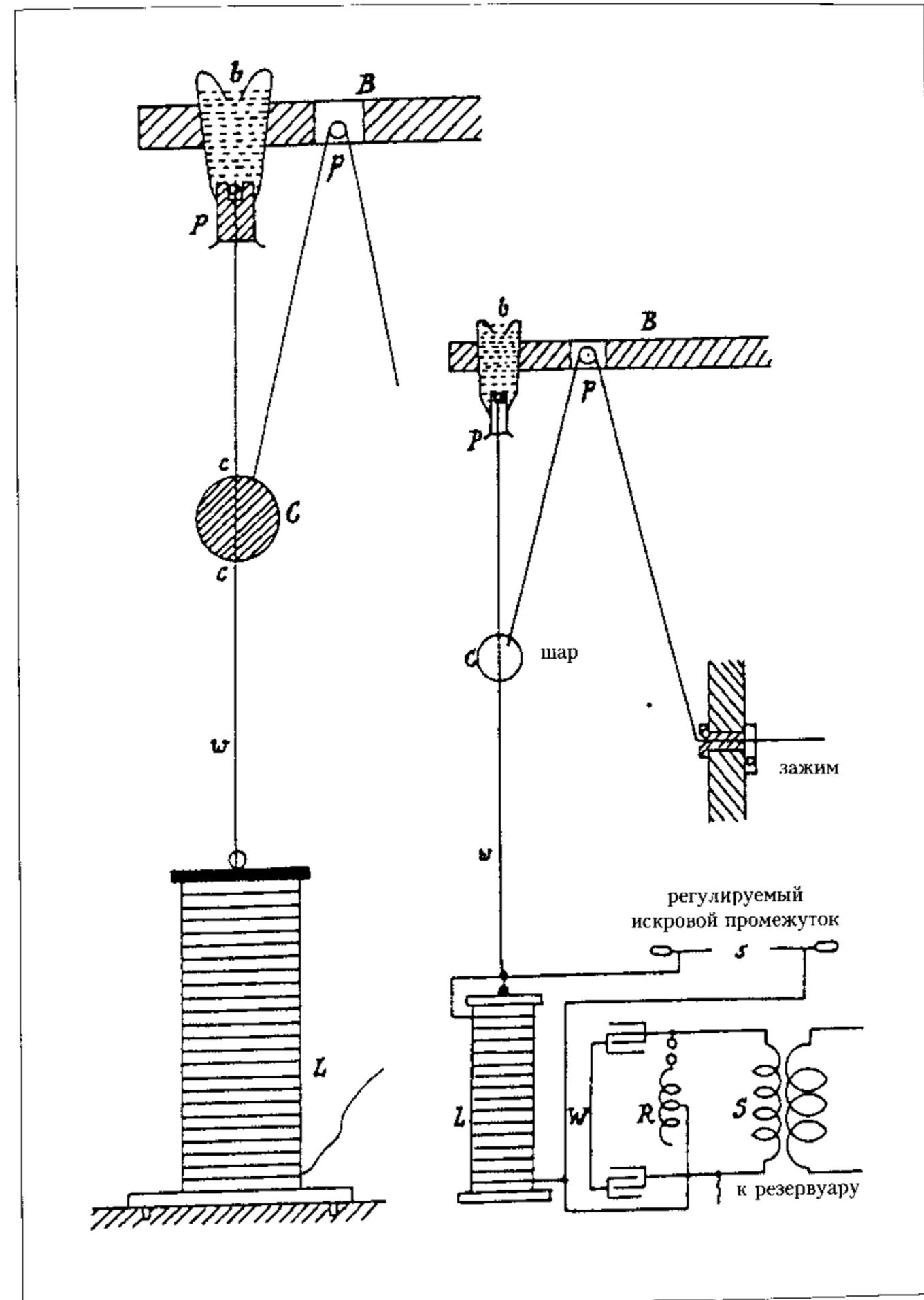
23 октября, 1899

Продолжение экспериментов с целью выяснения
влияния высоты подъема на емкость

Катушка, о которой шла речь в предыдущем случае, была готова к работе и имела ровно 689 витков на барабане длиной восемь футов и диаметром 14". Для намотки использовали провод № 20, как ранее указывалось, так что приблизительный расчет индуктивности и других параметров остается в силе. Катушка была смонтирована вертикально, вне здания, на некотором расстоянии, чтобы снизить вероятность каких-либо погрешностей, вызываемых воздействием древесины. От здания уходила вверх конструкция из сухой сосны на высоту около шестидесяти футов от земли. Этот каркас поддерживался с помощью выступающей поперечной балки (деревянной) с тросом, служащим для того, чтобы поднять шар или иной объект на любую высоту в пределах возможного, а также на этой балке, на ее дальнем конце, рядом с воротом

находилась бутылка из толстого стекла, внутри которой был закреплен неизолированный провод № 10 и которая была направлена вертикально вниз кверху катушки. Это была обычная бутылка из-под шампанского, из которой вылили вино и проббили дно. Мы просунули ее горлышком вниз в отверстие, просверленное в балке, и закрепили с помощью шнура. В горлышко бутылки поместили конусообразную пробку из древесины твердой породы, и в эту пробку вставили провод. Последним шагом было заполнение бутылки расплавленным воском.

Все устройство представлено в прилагаемом эскизе, где b – бутылка с деревянной пробкой P , закрепленная на балке B , несущей также и ворот p , через который проходит трос, предназначенный для подтягивания вверх объекта, который в данном случае представляет собой сферу C . Сферы, которые мы применяли, были деревянные, полые внутри и равномерно покрытые станиолью, а все края станиоли мы вдавили внутрь так, чтобы они были ниже поверхности сферы. Это необходимая мера предосторожности во избежание возможных потерь от стримеров, когда заряд сферы имеет высокий потенциал. Желательно работать с сильными эффектами, так как чем мощнее их проявление, тем с большей надежностью можно определить колебания, но необходимо со всей тщательностью избегать потерь и погрешностей, которые могут возникнуть по причине стримеров. Они создают впечатление увеличения проявленной емкости в том смысле, что тонкий провод может порой демонстрировать результаты, сравнимые с теми, которые достигаются с большими емкостями. Стримеры, конечно, приводят к фрикционным утечкам и тем самым снижают экономичность системы и снижают качество полученных результатов. Они также вызывают потерю напряжения, точно так же, как происходит утечка воды в водопроводных трубах. Шар, подвергаемый испытанию, или любой другой объект был снабжен двумя мегаллическими вводами на контактах cc , состоявшими из небольших разъемных лагуновых трубок, которые имели надежное соединение с токопроводящей поверхностью, а также обеспечивали контакт с проводом w , который одновременно служил направляющим элементом для шара в его перемещениях вверх и вниз. Во избежание потерь вводы не выдавались над поверхностью шара, и по той же причине мы не прикрепляли к крюку трос, а просверлили отверстие в шаре, пропустили трос с узлом на конце и забили в отверстие деревянную пробку, чтобы не выступало ничего, что способно испускать стримеры или вызывать утечку в атмосферу. В первой серии экспериментов мы использовали шар диаметром 18". Шар не был идеально круглым, но погрешность, обусловленная незначительным несовершенством формы шара, была очень мала. Схема соединений показана на чертеже, где использованы те же буквенные обозначения для одинаковых частей элементов аппарата, как и ранее. Возбуждение катушки осуществлялось путем присоединения нижнего конца к одному из выводов конденсатора – к тому, который соединен с тем концом вторичной



обмотки трансформатора на 60 000 вольт, который был подключен к резервуару. Резервуар, как описывалось в предыдущем случае, обычно заземлялся, а в первых экспериментах этой серии заземление не использовалось, чтобы добиться более сильного возбуждения. От терминалов катушки мы провели два тонких провода с толстой изоляцией к регулируемому искровому промежутку s , с которым манипулировали до тех пор, пока не был достигнут максимальный подъем потенциала на катушке. Два комплекта конденсаторов были соединены с помощью короткого толстого провода W , имеющего пренебрежимо малую индуктивность и сопротивление, а индуктивность цепи возбуждения мы варьировали, прибавляя или убавляя витки в регулировочной катушке R , входящей в эту цепь, через которую конденсаторы периодически получали заряд. Провода, идущие от катушки к регулируемому искровому промежутку s были, как отмечалось ранее, очень тонкими, как можно более короткими и с толстой изоляцией. При соблюдении этих мер предосторожности погрешность по причине емкости этих проводов как таковых была сведена до минимума, а также и потери от возможного образования стримеров. Чтобы уменьшить емкость, провода проложили на большом расстоянии один от другого и затем соединили с цепью, идущей к искровому промежутку. Нижний провод, присоединенный к точке со сравнительно низким потенциалом, не играл существенной роли, а вот для верхнего провода эти меры предосторожности были крайне необходимы. Процедура была такова: сначала период катушки L и емкости, присоединенной к свободному выводу, мы определяли путем варьирования емкости или индуктивности, или их обеих, первичной, или возбуждающей, цепи, пока не наступал резонанс, о чем свидетельствовал максимальный рост потенциала. Когда период был определен таким методом с емкостью, или сферой, в одной позиции, мы изменяли позицию тела емкости, перемещая его на другую позицию на проводе w , а настройка первичной цепи опять осуществлялась до тех пор, пока не наступал резонанс, обычно это достигается путем простого изменения длины провода регулировочной катушки, входящей в первичный контур. Ну, а поскольку индуктивность катушки в течение всех экспериментов оставалась неизменной, проявленную емкость можно было без труда определить по индуктивности и известному периоду первичной цепи, или цепи возбуждения. Сохранение неизменной емкости в первичной цепи или, в конечном счете, индуктивности, упрощало процедуру и позволяло сразу же найти емкость системы, включающей в себя катушку L , используя простое соотношение, как это было в некоторых описанных выше примерах. Предпочтительнее варьировать индуктивность так, чтобы изменение этого параметра происходило непрерывно, а не пошагово, как это было с емкостью.

В установке, смонтированной в соответствии с изложенным, самая низкая позиция шара диаметром 18", с которой мы начали, находилась на отметке 9' 5" от центра шара до земли, а самая высокая — на отметке 58' 9".

Чтобы определить период системы L , мы сначала отсоединили вертикальный провод и оставили подключенными только провода разрядника, затем мы присоединили вертикальный провод, и период опять определяли с помощью настройки первичной цепи, затем поместили шар в самую низкую позицию и на последнем этапе снимали показания, помещая шар на разную высоту, вплоть до максимальной позиции. Получены следующие результаты:

Катушка L отдельно, только с проводами разрядника, без вертикального провода:

Суммарная емкость в первичной цепи	Суммарная первичная индуктивность витков регулировочной катушки + соединения	Высота подъема шара, расстояние от его центра до земли	Измерение разряда в s
$142/2 = 71$ бутылка	$9 \frac{7}{8}$ витка + соединения	без шара и провода	$3 \frac{3}{4}$ "

Катушка с вертикальным проводом и проводами разрядника:

$142/2 = 71$ бутылка	$18 \frac{3}{8}$ витка + соединения	без шара	$3 \frac{3}{4}$ "
----------------------	-------------------------------------	----------	-------------------

Катушка с шаром, вертикальным проводом и проводами разрядника:

$142/2 = 71$ бутылка	$19 \frac{1}{2}$ витка + соединения	9 футов 5"	4"
$142/2 = 71$ бутылка	$20 \frac{3}{8}$ " витка + соединения	33' 9"	$4 \frac{3}{8}$ "
$142/2 = 71$ бутылка	$21 \frac{1}{4}$ " витка + соединения	58' 9"	$4 \frac{1}{8}$ "

Благодаря конструкции катушки L , предназначенной, как сказано выше, для точной настройки, не составляло труда определить изменение на уровне $\frac{1}{16}$ одного витка регулировочной катушки R в первичной цепи.

Представилось желательным снять несколько показаний в режиме подключения всех бутылок, и результаты оказались почти такими же, и их по-прежнему можно было считать с достаточной точностью, несмотря на то что вариации регулировочной катушки уменьшились наполовину, емкость в первичной цепи была теперь почти вдвое больше той, что применялась в экспериментах, результаты которых были только что представлены.

Показания со всеми задействованными конденсаторами были следующими:

Емкость в первичной цепи, суммарно	Суммарная индуктивность в первичных витках регулировочной катушки + соединения	Расстояние по высоте от центра шара до земли	Провода разрядника на терминалах L
286 бутылок	$10 \frac{1}{8}$ + соединения	9' 5"	$4 \frac{1}{4}$ "
286 бутылок	$10 \frac{9}{16}$ + соединения	33' 9"	$4 \frac{1}{2}$ "
286 бутылок	11 + соединения	58' 9"	$4 \frac{3}{4}$ "

Примечание к вышеописанному эксперименту:

Оказалось, что колебания катушки L с вертикальным проводом и проводами разрядника были в резонансе с первичным контуром в другой серии исследований с параметрами:

142 бутылки, $18 \frac{3}{4}$ витка + соединения, тогда как ранее это явление имело место при $18 \frac{3}{8}$ витка. В то время, когда другое число витков, $18 \frac{3}{4}$, было наблюдаемой величиной, дул сильный ветер, создавалось впечатление, что он как бы оказывал усиливающее воздействие на видимую емкость воздушного вертикального проводника. Это следует проверить.

Эксперименты, как представляется, наглядно доказали, что приращение емкости по мере подъема шара происходило по принципу простого соотношения с высотой, так как значение, полученное в срединной позиции, почти совпадало со средним арифметическим значением в крайних позициях.

Колорадо-Спрингс

24 октября, 1899

Продолжили исследования о влиянии высоты подъема на емкость тела, имеющего заземление.

Использовали ту же катушку, что и в испытаниях, описания которых представлены выше, только шар диаметром 18" мы заменили другим — диаметром 30".

Эти замеры были, по всей вероятности, точнее, так как в процесс было внесено одно усовершенствование.

Получены следующие результаты:

Первая серия замеров

Емкость в первичной цепи Бутылок всего, мкФ	Индуктивность первичной цепи. Витки регулируемой катушки + соединения	Расстояние от земли до центра шара	Анализ искрового разряда на зажимах возбужденной катушки
$[(8 \times 36) - 2] / 2 = 143 = 0.1287$	$10 \frac{3}{8}$ + соединения	9' 11"	$4 \frac{1}{2}$ "
$[(8 \times 36) - 2] / 2 = 143 = 0.1287$	$10 \frac{3}{4}$ + соединения	34' 3"	$4 \frac{3}{4}$ "
$[(8 \times 36) - 2] / 2 = 143 = 0.1287$	$11 \frac{1}{8}$ + соединения	58' 6"	$5 \frac{1}{8}$ "

Вторая серия замеров. С уменьшенной емкостью в первичной цепи для получения большего диапазона изменений регулируемой катушки

$[(4 \times 36) - 2] / 2 = 71 = 0.0639$	$19 \frac{3}{4}$ + соединения	9' 11"	$4 \frac{3}{8}$ "
$[(4 \times 36) - 2] / 2 = 71 = 0.0639$	$20 \frac{3}{8}$ + соединения	34' 3"	$5 \frac{1}{4}$ "
$[(4 \times 36) - 2] / 2 = 71 = 0.0639$	21 + соединения	58' 6"	$5 \frac{3}{8}$ "

Примечание. После того, как были сняты эти показания, выяснилось, что шар сползал по вертикальному проводу и не имел надежного контакта. Это, возможно, несколько изменило результаты.

Колорадо-Спрингс

25 октября, 1899

Продолжение экспериментов по выяснению влияния высоты подъема на емкость заземленного проводника

На этот раз использовали провод № 10, попросту вытянув его вертикально как продолжение осевой линии катушки. Катушка прежняя, 689 витков провода № 20 на барабане диаметром 14". Сначала взяли 36 футов провода и после каждого замера срезали по три фута. Каждый раз добивались резонанса в первичном контуре и отмечали константы цепи, получая таким

образом необходимые данные для определения емкости вертикального провода. Результаты приведены ниже:

Емкость в первичной цепи, суммарно. Бутылки	Индуктивность первичной цепи. Витки регулируемой катушки + соединения	Длина вертикаль- ного провода в футах	Анализ искрового разряда возбужденной катушки
$[(4 \times 36) - 2] / 2 = 71$	0.0639	17 + соединения	$1/8$ "
"	"	$16^{3/8} +$ соединения	"
"	"	$15^{3/4} +$ "	"
"	"	$15^{1/4} +$ "	$1/16$ "
"	"	$14^{3/4} +$ "	"
"	"	$14^{1/4} +$ "	"
"	"	$13^{3/4} +$ "	"
"	"	$13^{1/4} +$ "	"
"	"	$12^{3/4} +$ "	$13/16$ "
"	"	$12^{1/4} +$ "	$9/16$ "

Это приблизительные данные.

Колорадо-Спрингс

26 октября, 1899

Измерение индуктивности катушки с 689 витками, которая применялась в исследованиях о влиянии высоты подъема на емкость проводника

Результаты замеров:

Напряжение среднее	Сила тока	ω	Сопротивление
118	3.315	880	28.304
	$E/I = 118/3.315 = 35.6$	$(E/I)^2 = 1267.36$	
		$R^2 = 800.89$	
		$(E/I)^2 - R^2 = 466.47$	Подключен
		$\omega^2 = 774400$	большой амперметр.

$$L^2 = \frac{\left(\frac{E}{I}\right)^2 - R^2}{\omega^2} = 0.00057654,$$

отсюда $L = 0.024$ генри, или 24 000 000 см.

Это значение немного меньше полученного в предыдущих расчетах. К тому же измерения производились с малым амперметром. Это несколько снижало точность показаний. Следует сделать повторные замеры после соответствующей выверки.

Напряжение среднее	Сила тока средняя	ω
69.25	2.045	880
	$E/I = 33.863$	$(E/I)^2 = 1146.7$
		$(E/I)^2 - R^2 = 345.81$
		$R^2 = 800.89$
		$\omega^2 = 774400$

$$L^2 = \frac{\left(\frac{E}{I}\right)^2 - R^2}{\omega^2} = 0.0004466,$$

отсюда $L = 0.0211$ генри, или 21 100 000 см.

Примечание. Это значение, определенно, слишком низкое из-за амперметра, показывающего слишком большую силу тока. Возможно, во время испытания ω изменилась.

Колорадо-Спрингс

27 октября, 1899

Опробование конденсаторов, часть из которых была недавно заполнена вновь

Корректировки емкости, подлежащей применению, примерно двухнедельной давности.

Замеры от батареи с 7 элементами, показанные для одной половины

Микрофарада стандартная	Отклонение	среднее 101°
	101	}
	101	
	101	

Для комплекта конденсаторов, подключенных параллельно, слева от двери	51 } 51 } 51 }	среднее 51°	
Для комплекта конденсаторов, подключенных параллельно, справа от двери	53 } 53 } 53 }		среднее 53°
Для всех конденсаторов, подключенных параллельно	104 } 104 } 104 }		

Разница между двумя комплектами, вероятно, обусловлена разным уровнем раствора в резервуарах или бутылках. Во время этих замеров в центральных резервуарах было на две бутылки меньше с каждой стороны.

Исходя из вышеприведенных данных, суммарное количество бутылок, когда все они входили в это число, составило $(16 \times 36) - 4 = 576 - 4 = 572$ бутылки.

Емкость составляла $104/100 \times 0.5 = 0.515$ мкФ приблизительно. Это может означать

для одной бутылки в среднем	0.0009 мкФ,	или 810 см
" для двух бутылок "	0.0018 "	1620 см
" трех " "	0.0027 "	2430 см
" 12 " "	0.0108 "	9720 см
" 36 бутылок или одного резервуара	0.0324 "	29160 см
" 18 " половины резервуара	0.0162 "	14580 см

Эти данные часто востребованы.

Примечание. Малые слюдяные конденсаторы с фибровым покрытием, служащие для создания резонанса в контурах, имеют, каждый, менее чем $1/20$ мкФ; замерены два.

Колорадо-Спрингс

28 октября, 1899

Исходя из вышеприведенных результатов, период возбужденной системы без вертикального провода следующий:

Емкость в первичной цепи, количество
бутылок $71 = 0.0639$ мкФ
Индуктивность первичной обмотки с соединениями
плюс $9 \frac{7}{8}$ первых витка регулируемой катушки
по результатам измерения: 32700 см

$$T_1 = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{0.0639 \times \frac{32700}{10^9}}$$

Величина, соответствующая периоду возбужденной системы, включая вертикальный провод, обозначается как T_2 и согласно расчету составляет:

Емкость в первичной цепи по-прежнему 0.0639 мкФ. Индуктивность в соединениях первичной цепи + $18 \frac{3}{8}$ витка по результатам измерения: 65000 см

$$T_2 = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{0.0639 \times \frac{65000}{10^9}}$$

Теперь пусть C есть емкость возбужденной системы только с проводами разрядника, L — индуктивность возбужденной катушки, которая имеет значение $L = 0.024$ Гн, как мы ранее убедились; тогда мы получаем период возбужденной системы:

$$T_{s1} = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{0.024 \times C}, \text{ где } C \text{ выражается в мкФ.}$$

Теперь $T_{s1} = T_1$, или

$$0.024 \times C = 0.0639 \times \frac{327}{10^7} \text{ и } C = \frac{327 \times 0.0639}{10^7 \times 0.024} \text{ мкФ, или}$$

$$C = \frac{9 \times 10^5 \times 327 \times 0.0639}{10^7 \times 0.024} = \frac{0.5771 \times 327}{2.4} \text{ см} = 78.36 \text{ см} = C$$

Теперь пусть C_1 есть емкость возбужденной системы с присоединенным вертикальным проводом, и мы, следуя прежней логике и зная, что

$$T_{s2} = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{0.024 \times C_1} = T_2 = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{0.0639 \times \frac{65000}{10^9}}, \text{ получаем:}$$

$$C_1 = \frac{65}{10^6} \times \frac{0.0639}{0.024} \text{ мкФ, или } C_1 = \frac{9 \times 10^5 \times 65}{10^6} \times \frac{0.0639}{0.024} \text{ см} = 155.75 \text{ см.}$$

От этих результатов приходим к емкости самого провода:

$$C_1 - C = 155.76 - 78.36 = 77.40 \text{ см.}$$

Для приблизительного расчета мы имеем следующие данные относительно провода: диаметр провода № 20 = 0.2588 см, $r = 0.1294$ см, $l = 50$ футов приблизительно = $50 \times 12 \times 2.54 = 1524$ см, отсюда $l/r = 11777.4$ и емкость провода

$$\frac{l}{2 \log_e \frac{l}{r}} = \frac{1524}{18.7} = 81.5 \text{ см.}$$

Полученное в результате расчетов значение несколько больше, но не намного, скажем, в пределах погрешностей в настройке и определении параметров экспериментальным путем.

Далее мы обнаруживаем, что, когда шар находился в самой низкой позиции, период первичной цепи был следующим: Емкость в первичной цепи по-прежнему 0.0639 мкФ }
Индуктивность соединения + $19 \frac{1}{2}$ витка после }
замеров составила: 68 300 см, или $683/10^7$ Гн. } $T_{pl} = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{0.0639 \times \frac{683}{10^7}}$

При нахождении шара в крайней верхней позиции получаем: Емкость в первичной цепи по-прежнему 0.0639 мкФ }
Индуктивность соединения + $21 \frac{1}{4}$ витка после }
замеров составила: 76 100 см, или $761/10^7$ Гн. } $T_{ph} = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{0.0639 \times \frac{761}{10^7}}$

Обозначим через C' суммарную емкость возбужденной системы при нахождении шара на минимальной высоте, и теперь мы определяем период возбужденной системы:

$$T_{st} = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{0.024 \times C'} = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{0.0639 \times \frac{683}{10^7}}, \text{ отсюда}$$

$$C' = \frac{0.0639 \times 683}{0.024 \times 10^7} \text{ мкФ, или } C' \text{ в см} =$$

$$= \frac{9 \times 10^5 \times 0.0639 \times 683}{0.024 \times 10^7} = 163.66 \text{ см} = C'$$

Действенный вклад шара при минимальной высоте подъема составил только

$C' - C_1 = 163.66 - 155.75 = 7.90$ см, но такое небольшое значение, возможно, обусловлено тем обстоятельством, что вертикальный провод находился сверху.

Таким образом, сделаем расчет для значения C'' , то есть для емкости возбужденной системы, когда шар находится на максимальной высоте:

$$T_{sh} = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{0.024 \times C''} \quad C'' = \frac{0.0639 \times 761}{10^7 \times 0.024} = 182.36 \text{ см.}$$

Далее $C'' - C' = 182.36 - 163.66 = 18.70$ см, что дает фактическое значение для шара в верхней позиции. Виден рост почти на 137% при высоте подъема на $49' 4''$, или около 2.76% на фут.

Колорадо-Спрингс

29 октября 1899

Опять продолжали экспериментировать с катушкой, имеющей 689 витков на барабане диаметром 14", с целью более глубокого исследования влияния высоты подъема на емкость.

Мы применили ту же схему, что и в предыдущем случае, с вертикальным проводом и шаром диаметром 30". Возбуждение катушки осуществлялось путем ее подключения к одному из выводов конденсаторов, а именно к тому, который соединен с трансформатором Вестингауза, имеющего, в свою очередь, связь с резервуаром, однако соединение последнего с землей было выполнено не напрямую, а через искровой промежуток длиной $\frac{1}{8}$ ".

Провода, ведущие к искровому промежутку, предназначенному для того, чтобы уловить резонансный подъем, имели маркировку № 26, гуттаперчевое покрытие и длину около 25 футов каждый. Собственно, только верхний провод отходил от свободного вывода, что очень важно учитывать. Сначала были зафиксированы колебания в катушке, при этом к ней ничего не было подключено, кроме проводов, идущих к разряднику. Затем к верху катушки мы подключили сферу диаметром 30", станиоловое покрытие которой прорезали острым ножом, чтобы предотвратить образование вихревых токов и снова проявились колебания. Далее мы установили вертикальный провод, а сферу убрали. После того как был установлен факт колебаний при наличии вертикального провода, по нему стали плавно перемещать сферу и снимать показания на разных высотных отметках. Получили следующие результаты.

Катушка и провода, идущие к разряднику

Емкость в первичной цепи. Бутылок, всего мкФ	Индуктивность первичной цепи. Витков в регулирующей катушке + соединительные провода	Анализ искрового разряда на зажимах возбужденной катушки
$[4 \times 36 - 2] / 2 = 71 = 0.0639$	$10 \frac{1}{2}$ + соединительные провода	3"

Катушка с шаром диаметром 30" и проводами, идущими к разряднику

$[4 \times 36 - 2] / 2 = 71 = 0.0639$	13 + соединительные провода	$3 \frac{1}{2}$ "
---------------------------------------	-----------------------------	-------------------

Катушка с вертикальным проводом № 10 длиной пятьдесят футов и проводами, идущими к разряднику

$[4 \times 36 - 2] / 2 = 71 = 0.0639$	$19 \frac{3}{4}$ + соединительные провода	$3 \frac{7}{8}$ "
---------------------------------------	---	-------------------

Замеры с шаром диаметром 30", вертикальным проводом и искровым проводом, подключенными к катушке

Емкость в первичной цепи. Бутылок, всего мкФ	Индуктивность первичной цепи. Витков в регулирующей катушке + соединение	Высота от центра шара до земли	Анализ искрового разряда на зажимах возбужденной катушки
$[4 \times 36 - 2] / 2 = 71 = 0.0639$	$20 \frac{3}{4}$ + соединение	9' 11"	$4 \frac{3}{8}$ "
$[4 \times 36 - 2] / 2 = 71 = 0.0639$	$21 \frac{3}{8}$ + соединение	32' 8"	$4 \frac{3}{8}$ "
$[4 \times 36 - 2] / 2 = 71 = 0.0639$	22 + соединение	55' 7"	$4 \frac{3}{8}$ "

Продолжение замеров с модифицированной емкостью в первичном контуре

$[8 \times 36 - 2] / 2 = 143 = 0.1287$	$11 \frac{5}{8}$ + соединение	10' 3"	$\frac{1}{4}$ "
$[8 \times 36 - 2] / 2 = 143 = 0.1287$	$12 \frac{1}{4}$ + соединение	33' 3"	1"

$$[8 \times 36 - 2] / 2 = 143 = 0.1287 \quad 12 \frac{7}{8} + \text{соединение} \quad 55' 9" \quad 1 \frac{1}{2}"$$

Однако затем емкость в первичной цепи уменьшили.

Результаты были следующими:

Емкость в первичной цепи. Бутылок, всего мкФ	Индуктивность в первичной цепи. Витков в регулирующей катушке + соединение	Высота от центра шара до земли	Анализ искрового разряда на выводах возбужденной катушки
$[5 \times 36 - 2] / 2 = 89 = 0.0809$	$16 \frac{1}{2}$ + соединение	10' 3"	4"
$[5 \times 36 - 2] / 2 = 89 = 0.0809$	$17 \frac{3}{8}$ + соединение	33' 3"	$4 \frac{1}{4}$ "
$[5 \times 36 - 2] / 2 = 89 = 0.0809$	$18 \frac{1}{4}$ " + соединение	55' 9"	$4 \frac{3}{8}$ "

В этих экспериментах мы изменяли возбуждение катушки с помощью регулировки небольшого искрового промежутка, отделяющего один вывод трансформатора Вестингауза от земли. Настройка была не самой точной, так как шар был большим, а фактор увеличения катушки довольно низким. Допустим, что n приблизительно равно 60 000, тогда мы получаем $p = 360\,000$ приблизительно; при $R = 28.3$, $L = 0.24$ мы находим значение для pL/R , равное $\frac{36 \times 10^4 \times 0.024}{28.3} = 300$ приблизительно.

В конце концов, не так мало.

Мы сочли нужным провести несколько замеров, сохраняя неизменной индуктивность в первичной цепи и меняя только емкость.

Получены следующие результаты:

Емкость первичной цепи Бутылок, всего мкФ	Индуктивность первичной цепи. Витков в регулирующей катушке + соединение	Высота от центра шара до земли	Анализ искрового разряда на выводах возбужденной катушки
$133 / 2 = 66.5 = 0.05985$	22 + соединение	10' 3"	$4 \frac{3}{8}$ "

$137/2 = 68.5 = 0.06165$	22 + соединение	33' 3"	$4 \frac{3}{8}$ "
$142/2 = 71 = 0.0639$	22 + соединение	55' 9"	$4 \frac{3}{8}$ "

Эти данные необходимо обработать.

Колорадо-Спрингс

30 октября, 1899

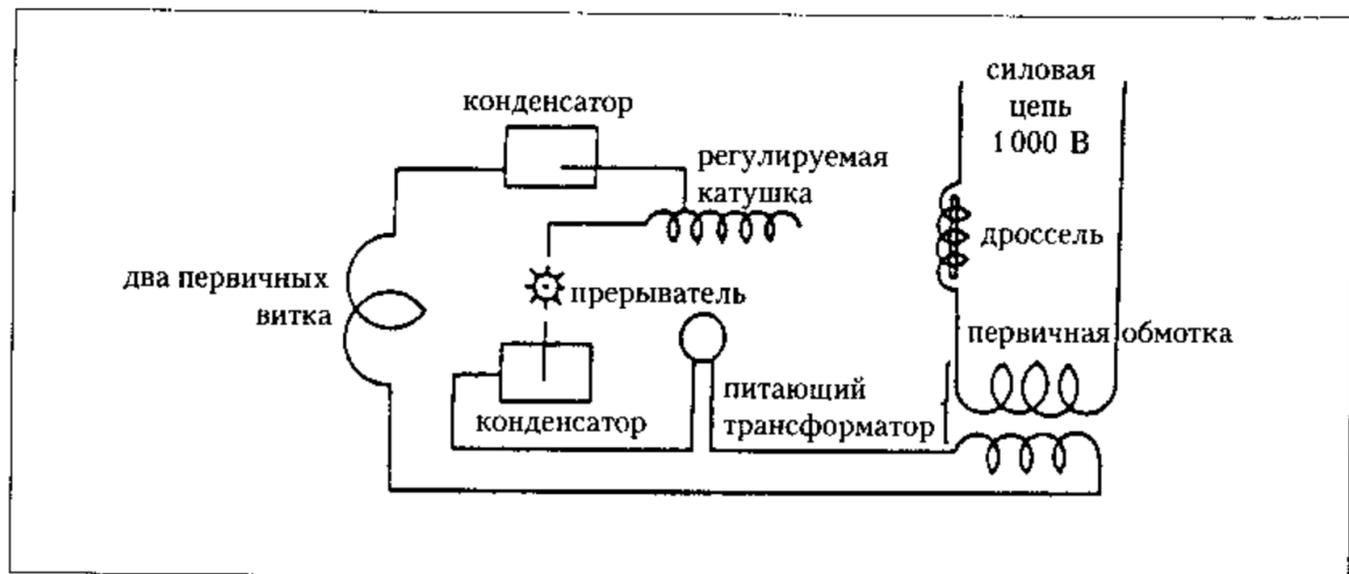
Измерение индуктивности

Первичная обмотка осциллятора, регулировочная катушка и соединения с искровыми промежутками и конденсаторами, как в большинстве случаев, были соединены последовательно, при этом промежутки и конденсаторы были зашунтированы короткими отрезками провода № 2 с незначительным сопротивлением. И опять объектом измерения была индуктивность первичных витков осциллятора, регулировочной катушки с опробованием разного количества витков, а также соединений. Два витка первичной обмотки были соединены последовательно, и показания снимались с обоих, чтобы получить более точные значения.

С этой целью мы задействовали легкую машину типа генератора Вестингауза-1500 с гладким якорем в режиме постоянной скорости. Частоту определили, как и раньше, исходя из скорости синхронного мотора, работающего без какой-либо нагрузки с сильным полем возбуждения.

При этих условиях отсутствовало скольжение, что зачастую имело место.

Средняя скорость была очень близка к 2070 в минуту у двигателя с 4-мя парами полюсов, что давало 8280 циклов в минуту, или 138 в секунду. Отсюда $\omega = 867$. Соединения, которые мы применили, показаны на схеме ниже:



Все соединения мы оставили без изменения, точно такими, какие обычно применяли, за исключением того, что промежутки и конденсаторы были зашунтированы короткими отрезками провода № 2, о чем говорилось выше.

Показания для двух витков первичной цепи, регулировочной катушки с 23.5 витками и всех последовательных соединений:

				Отсюда находим среднее для:			
E	I	ω	R	E	I	ω	R
14.7	53.00	867	}	14.925	53.555	867	
14.8	53.22	867					
15.1	54.00	867					
15.1	54.00	867					

Показания для двух последовательных витков первичной цепи:

				Отсюда находим среднее для:			
E	I	ω	R	E	I	ω	R
10.45	52.1	867	}	10.4	52.1	867	
10.35	52.1	867					
10.40	52.1	867					

Показания также сняты для каждого из первичных витков, при этом эдс на верхнем витке была несколько больше, вероятно, из-за большего расстояния от земли, возможно, из-за близости к разомкнутой вторичной цепи.

Показания для регулировочной катушки (23.5 витка) и всех соединений прерывателя и конденсаторов совокупно, соединенных последовательно:

E	I	ω	R	E	I	ω	R
4.1	52.1	867	}	4.1	52.1	867	
4.1	52.1	867					
4.1	52.1	867					

Показания для регулировочной катушки отдельно для разного [количества] витков:

E	I	ω	Количество витков, с которых считывается эдс	Сопротивление включенных витков
$7.85/2 = 3.925$	52.1	867	23.5	

6.3/2 = 3.15	52.1	867	19.5
4.8/2 = 2.4	52.5	867	15.5
3.3/2 = 1.65	53.00	867	11.5
2/2 = 1	53.00	867	7.5
0.5	53.00	867	3.5

Чтобы получить более надежные показания для отдельных витков регулировочной катушки, мы опять сделали сначала замер напряжения всей системы: 2 первичных витка, соединения и регулировочная катушка, соединенные последовательно, затем витки последней изменяли, снимая показания в каждом случае. Ниже представлены результаты:

<i>E</i>	<i>I</i>	Число витков регулирующей катушки, входящих в цепь	ω	Общее сопро- тивление вклю- ченных витков
11.55	55.8	0.5	867	
11.675	55.8	2.5	867	
11.90	55.8	4.5	867	
12.15	55.3	6.5	867	
12.45	55.3	8.5	867	
12.80	55.3	10.5	867	
13.20	54.9	12.5	867	
13.50+	54.9	14.5	867	
еще немного				
13.90	54.9	16.5	867	
14.25	54.4	18.5	867	
14.60 +	54.4	20.5	867	
еще немного				
14.15	51.1	22.5	867	
14.30	51.1	23.5	867	

Для облегчения определения индуктивности с различным числом витков показания были приведены к такому же значению силы тока, и это дало следующие значения:

11.55	55.8	0.5	867
11.675	55.8	2.5	867
11.90	55.8	4.5	867

12.26	55.8	6.5	867
12.562	55.8	8.5	867
12.915	55.8	10.5	867
13.416	55.8	12.5	867
13.721	55.8	14.5	867
14.128	55.8	16.5	867
14.617	55.8	18.5	867
14.976	55.8	20.5	867
15.452	55.8	22.5	867
15.616	55.8	23.5	867

Колорадо-Спрингс

31 октября, 1899

Измерение индуктивности: новая катушка для дальнейшего исследования влияния высоты подъема на емкость тела, соединенного с землей

Опять использовали барабан диаметром 14" и длиной 8 футов, сняли провод № 20 и заменили его проводом № 10 с резиновым покрытием. Большая часть данных, из указанных выше, сохранена, снижено только число витков с 689 до 346.

Замеры эдс, силы тока и частоты дали следующие результаты:

<i>E</i>	<i>I</i>	ω	<i>R</i>
85	15.635	880	катушка с кабелем 1.752
84.75	15.6	880	кабель 0.596
82.5	15.3	880	катушка отдельно 1.156 ома
средние значения:			
84.38	15.512	880	

Отсюда получаем: $E/I = 5.44$ $(E/I)^2 = 29.5936$

$$R^2 = 1.3364$$

$$\omega^2 = 774\,400$$

$$L^2 = \frac{\left(\frac{E}{I}\right)^2 - R^2}{\omega^2} = \frac{29.5936 - 1.3364}{774\,400} = \frac{28.2572}{774\,400} \text{ генри} = 0.00003649,$$

$$\text{или } L = \sqrt{0.00003649} = 0.00604 \text{ Гн, или } L = 6\,040\,000 \text{ см.}$$

Теперь для расчета в связи с записями от 18 октября мы имеем следующие данные:

диаметр сердечника $14'' = 35.5$ см

длина сердечника $96'' = 243.84$ см = l

$S = 1000$ кв. см

$N = 346$

$N^2 = 119716$,

$$L = \frac{4\pi}{l} N^2 S = \frac{12.5664 \times 119\,716\,000}{243.84},$$

отсюда $L = 6\,169\,600$ см, или 0.00617
генри приблизительно. Это почти на
2% больше, чем результат замера.

Довольно близко.

6

КОЛОРАДО-СПРИНГС ДНЕВНИКИ 1-30 НОЯБРЯ, 1899

Нехватка времени вынуждает опустить следующие вопросы, частично разработанные:

27, 28 ноября скорректированы и оформлены результаты экспериментов.

3 ноября, 19 и 21 } с проводами различной
длины и шаром.

29-30 ноября а) Добавочные катушки, подключенные
последовательно и возбуждающие
одна другую.
б) Способы настройки с помощью телефона.
в) Возбуждение приемного контура
посредством малой чувствительной дуги.

} полное
описание

Работа над патентами 1-30 ноября

Исключение сигналов в телеграфии:

а) два или более синхронизированных приемных
контура, регулирующих работу приемника;
б) код или комбинация безопасности

} необходимо
закончить

Colorado Springs Nov 1, 1899 
Measurement of inductance of new solenoid coils
done by the inducting propagation of waves through
the ground and similar objects also to measure, under
the influence of many elements.
The frame was built of light bodied wood with padding
to keep things under way. Provisions was made for 106
lines. The wire was 1/4 inch in diameter and being further
1 1/2" on each side for the connections. The total diameter of coil

Колорадо-Спрингс

1 ноября, 1899

Измерение индуктивности новой добавочной катушки, предназначенной, главным образом, для исследования распространения волн через землю или подобные объекты, а также для более глубокого изучения поведения сильных стримеров

Каркас сделали из легких деревянных деталей с надпилами, которые мы закрепили на трех прочных деревянных обручах. Предусматривалось, что на нем будет 106 витков. Диаметр обручей 8 футов, а при условии, что $1\frac{1}{2}$ " с каждой стороны уходит на крестовины, общий внутренний диаметр катушки составил 8' 3". Длина 8 футов минус $1\frac{1}{2}$ " сверху и $1\frac{1}{2}$ " снизу, что определяет общую длину катушки, равную 7 футам 10". Исходные данные таковы:

Длина катушки $7' 10" = 94" = 238.76 \text{ см} = l$; диаметр $8' 3" = 99" = 251.46 \text{ см} = d$; количество витков провода № 10 $106 = N$ (в действительности 105 витков катушки + один виток ненапрянутый).

Площадь $S = \pi d^2/4 = 49662.52 \text{ кв. см}$. Исходя из этих данных, мы имеем

$$L = \frac{4\pi}{l} N^2 S = \frac{12.5664 \times 11\,236 \times 49\,662.52}{238.76} =$$

$$= 208 \times 12.5664 \times 11\,236 = 141\,196 \times 208$$

$$L = 29\,368\,768 \text{ см, или } 0.029369 \text{ Гн приблизительно.}$$

Показания:			Результаты расчетов	
E	I	ω	R	$E/I = 18.1818, (E/I)^2 = 330.58$
110	6.05	880	катушка с проводом 3.26	$R^2 = 7.097$
110	6.05	880	провод 0.596	
110	6.05	880	только катушка 2.664	$(E/I)^2 - R^2 = 323.483$ $\omega^2 = 774\,400$

Отсюда получаем $L^2 = 323.483/774\,400 = 0.000417721$,

$$L = \sqrt{0.000417721} = 0.02042 \text{ Гн, или } 20\,420\,000 \text{ см.}$$

Значение, полученное в результате измерения, значительно ниже, но этого и следовало ожидать, так как витки большие и к тому же отстоят один от другого на $1\frac{1}{2}$ ". Тем не менее для уточнения результата этот замер надо повторить.

Колорадо-Спрингс

2 ноября, 1899

Сегодня опять делали измерения с целью уточнения величины индуктивности новой добавочной катушки, определением которой мы занимались вчера. Получили следующие результаты:

E	I	ω	R	} Среднее трех замеров, почти полностью совпадающих
194	10.7	887	2.664	

$$E/I = 18.13 \quad (E/I)^2 = 328.6969$$

$$R^2 = 7.0969$$

$$(E/I)^2 - R^2 = 321.60$$

$$L = \frac{\sqrt{321.6}}{887} = \frac{17.933}{887}$$

$L = 0.0202176$ генри, или $20\,217\,600 \text{ см}$.

Это значение несколько меньше того, что мы получили вчера, но в пределах разброса значений ω .

Примечание. Когда витки расположены на большом расстоянии один от другого, обычные формулы расчетов неприменимы, и измеренное значение будет тем ниже по отношению к расчетному, чем больше витки и чем больше расстояние между ними. При очень большом расстоянии лучше делать расчет индуктивности для одного витка и затем умножать или, если они не все одинаковы, сделать расчет отдельно для каждого и суммировать, делая поправку на взаимную индукцию.

Использовали прежний каркас для вторичного контура, два провода № 10 многожильных, 17 витков на каркасе, описание которого было дано при других обстоятельствах. Для уточнения полученных ранее значений индуктивности и коэффициента взаимной индукции мы сегодня сделали повторные замеры. Значения индуктивности вторичного контура:

E	I	ω	R	} Первые два замера были, по всей вероятности, самыми точными, и мы их зафиксировали
138	16.5	887	1.382	
138	16.5			
136	16.3	875		
134.5	16.2			

Исходя из вышеприведенного:

$$\left. \begin{array}{l} E/I=8.364 \\ (E/I)^2 = 69.9565 \\ R^2 = 1.91 \end{array} \right\} \begin{array}{l} (E/I)^2 - R^2 = 68.0465 \\ \omega = 887 \end{array}$$

$$L = \frac{\sqrt{68.0465}}{887} = \frac{8.003}{887} = 0.009023 \text{ Гн, или } 9\,023\,000 \text{ см.}$$

Это меньше, чем уже было получено, потому что предпоследний виток мы проложили несколько выше, так как поначалу происходили разряды. Тем не менее следует провести повторные замеры.

Замеры с целью определения коэффициента взаимоиндукции

Два последовательных первичных витка

Сила тока в двух последовательных витках первичного контура	Напряжение в вольтах во вторичном контуре
---	---

<i>I</i>	<i>E</i>	ω
45.4	34	880
45.4	34	880
45.4	34	880,

отсюда $E = M\omega I$, $M = \frac{34 \times 10^9}{880 \times 45.4} = 851\,021 \text{ см.}$

Замеры в режиме, когда ток проходит через вторичный контур, показали:

Сила тока вторичного контура	Напряжение в вольтах в двух последовательных витках первичного контура	ω
17.8	13.4	872
17.8	13.4	872

} сверх

Исходя из последних показаний $M = \frac{13.4 \times 10^9}{17.8 \times 872} = 863\,313 \text{ см.}$

Это чуть больше, вероятно, по причине изменения ω . Теперь мы сделали измерения для каждого первичного витка отдельно со следующими результатами:

Верхний первичный виток, ближайший ко вторичному контуру
 Сила тока, проходящего через вторичный контур

Эдс в первичном контуре	ω
17.9	6.9
	872 – среднее трех измерений,

отсюда

$$M_{\text{верхний, перв.}} = \frac{6.9 \times 10^9}{17.9 \times 872} = 442\,059 \text{ см.}$$

Ток, проходящий через первичный контур

Эдс во вторичном контуре	ω
30.1	11.8
	880 – среднее трех замеров

$$M_{\text{верхний, перв.}} = \frac{11.8 \times 10^9}{30.1 \times 880} = 445\,484 \text{ см.}$$

И опять разницу, по всей вероятности, можно отнести за счет колебаний ω .

Нижний первичный виток. Получили следующие показания:

Ток, проходящий через первичный контур

Эдс во вторичном контуре	ω
30.1	11.1
	880 – среднее трех замеров

Ток, проходящий через вторичный контур

Эдс в первичном контуре	ω
17.9	6.4
	880 – среднее трех замеров

Из первой серии замеров следует $M_{\text{нижний, перв.}} = (11.1 \times 10^9) / (30.1 \times 880) = 419\,060 \text{ см.}$
 Из второй серии замеров следует $M_{\text{перв. нижний}} = (6.4 \times 10^9) / (17.9 \times 880) = 406\,300 \text{ см.}$

Для двух первичных многожильных витков:

Ток, проходящий через первичные витки	Эдс вторичного контура	ω	
29.2	11.25	880	— среднее трех замеров

Ток, проходящий через вторичный контур	Эдс первичных витков	ω	
17.9	6.7	880	— среднее трех замеров

Из первой серии замеров следует $M_{2 \text{ перв. многожильных}} = 437811 \text{ см.}$
 Из последней серии замеров следует $M_{2 \text{ перв. многожильных}} = 425343 \text{ см.}$

Колорадо-Спрингс

3 ноября, 1899

Продолжали исследования с целью уточнения влияния высоты подъема на емкость проводника, соединенного с колебательной системой, применявшейся ранее.

Опять взяли катушку с 346 витками, провод № 10 на барабане диаметром 14", длиной 8 футов. Как и прежде, для подключения разрядников использовали два провода № 26 с гуттаперчевым покрытием, каждый длиной 24 фута. Измерения дали следующие результаты:

Емкость в первичном контуре, суммарно	Индуктивность в первичном контуре, Витки регулируемой катушки + соединения	Длина вертикального провода, присоединенного к свободному выводу возбужденной катушки	Измерение искрового разряда на выводах возбужденной катушки
---------------------------------------	--	---	---

$[(3 \times 36) - 2] / 2 = 53$ бутылки = 0.0479 мкФ	$7 \frac{1}{8}$ + соединения	45 футов	$3 \frac{3}{8}$ "
= 0.0479 мкФ	$6 \frac{3}{8}$ + соединения	36 футов	$3 \frac{3}{8}$ "
= 0.0479 мкФ	$5 \frac{3}{4}$ + соединения	27 футов	$3 \frac{3}{8}$ "
= 0.0479 мкФ	$5 \frac{3}{16}$ + соединения	18 футов	$3 \frac{1}{4}$ "

= 0.0479 мкФ	$4 \frac{3}{8}$ + соединения	9 футов	$3 \frac{1}{8}$ "
= 0.0479 мкФ	$3 \frac{5}{8}$ + соединения	0 футов	$3 \frac{1}{8}$ "

Примечание. Как мы неоднократно наблюдали, первое добавление небольшого отрезка провода к катушке обычно производит значительный эффект, но при шунтировании с помощью короткого отрезка определенной длины нарастание на единицу длины проявляется более плавно.

Мы продолжали экспериментировать с катушкой в 346 витков на барабане диаметром 14" с целью исследования влияния высоты подъема на емкость заземленного тела. На этот раз описанным выше способом вместе с вертикальным проводом мы использовали шар диаметром 30".

Отдельная катушка с проводами разрядника

Емкость в первичной цепи, суммарно	Витки в регулировочной катушке + соединения	индуктивность	Измерение искрового разряда на выводах возбужденной катушки
$[(3 \times 36) - 2] / 2 = 53$ бутылки = 0.0479 мкФ	$3 \frac{5}{8}$ " + соединения		$3 \frac{1}{8}$ "

Катушка с вертикальным проводом № 10 длиной 50 футов
 0.0479 мкФ $7 \frac{3}{4}$ + соединения 4"

Катушка с шаром диаметром 30", находящимся на наименьшей высоте на расстоянии 10' 3" от центра до земли
 0.0479 мкФ $8 \frac{1}{2}$ + соединения $4 \frac{1}{8}$ "

Катушка с шаром в срединной позиции на расстоянии 33' 9" от центра до земли
 0.0479 мкФ $8 \frac{7}{8}$ + соединения $4 \frac{1}{4}$ "

Катушка с шаром на максимальной высоте, 57' 3" от центра до земли
 0.0479 мкФ $9 \frac{1}{4}$ + соединения $4 \frac{3}{8}$ "

Примечание. Возбуждение в этом и предыдущем случаях происходило, как описано выше, в результате присоединения нижнего вывода катушки к тому выводу конденсаторов (первичного контура), который был соединен

небольшим регулируемым искровым промежутком, специально предусмотренным для этой цели, с землей.

В таких испытаниях желательно избавляться от проводов разрядников, так как они, возможно, вносят погрешность при определении емкости.

Эксперименты проводили с новой добавочной катушкой, чтобы представить себе, насколько точно можно определить максимальный прирост без участия искровых проводов, а только по появлению стримеров. Мы добились, чтобы добавочная катушка возбуждалась от вторичной цепи осциллятора, как это происходило в предыдущих опытах. Сначала добавочную катушку подстраивали с проводами разрядников, затем мы убрали верхний провод, тот, который играет важную роль, и снова настроили систему. Получили следующие результаты:

Новая добавочная катушка вместе с проводами разрядников, гуттаперча, № 26, 24 фута длины

Емкость в первичной цепи, суммарно	Индуктивность в первичной цепи
------------------------------------	--------------------------------

Бутылки	мкФ	Витки регулировочной катушки + + соединения
$[(8 \times 36) - 2] / 2 =$ $= 143$ бутылки	$= 0.1287$	$7 \frac{5}{8}$ + соединения

Новая добавочная катушка без верхнего провода разрядника

$[(8 \times 36) - 2] / 2 =$ $= 143$ бутылки	$= 0.1287$	$5 \frac{5}{8}$ + соединения.
--	------------	-------------------------------

Колорадо-Спрингс 4 ноября, 1899

Измерение индуктивности первичных витков

Провели еще одну серию замеров с целью более точного определения индуктивности первичных витков. На этот раз источником питания была другая динамо-машина. Поддерживали строго постоянное число оборотов. Получили следующие результаты:

Ток	Электродвижущая сила в двух первичных последовательных витках	ω
$345^\circ = 58.8$	чуть меньше 12	880

$345^\circ = 58.8$	чуть меньше 12	880
$345^\circ = 58.8$	чуть меньше 12	880

С учетом небольшого отклонения от нулевой отметки на вольтметре среднее значение оказалось очень близким:

I	E	ω	R двух первичных последовательных витков
58.8	11.95	88.0	0.004 ом

Отсюда получаем $E/I = 0.2032$ $(E/I)^2 = 0.04129$ $R^2 = 0.000016$.

Поскольку R^2 пренебрежимо мало относительно $(E/I)^2$, мы имеем

$L = E/(I\omega) = 11.95/51744 = 0.000230945$ генри, или 230945 см.

Для одного первичного витка это может составить приблизительно 0.000057736 генри, или 57736 см. Ранее полученное значение было равно 56400 см. Сегодняшний замер представляется более достоверным.

Колорадо-Спрингс

5 ноября, 1899

Расчет емкости конструкции из стальных труб, описание которых приводилось ранее:

7" труба: внешний диаметр $7.625" = 19.3673$ см = d

длина трубы с насадкой = $l = 23'4" = 280" = 811.2$ см = l

$$C_1 = \frac{l}{2 \log_e \frac{l}{r}} = \frac{811.2}{2 \times 4.42313} \quad r = 9.6837 \quad \frac{l}{r} = 83.77$$

$$C_1 = 91.7 \text{ см} \quad \log_e \frac{l}{r} = 1.9231 \times 2.3 = 4.42313$$

6" труба: внешний диаметр $6.625" = 16.8275$ см = d

длина трубы $18'2" = 218" = 553.72$ см = l

$$C_2 = \frac{l}{2 \log_e \frac{l}{r}} = \frac{553.72}{2 \times 4.182} \quad r = 8.4138 \quad \frac{l}{r} = 65.81$$

$$C_2 = 66.2 \text{ см} \quad \log_e \frac{l}{r} = 1.818292 \times 2.3 = 4.182$$

5" труба: внешний диаметр 5.563" = 14.13 см = d
 длина трубы 18' 4 1/2" = 220.5" = 560.07 см = l

$$C_3 = \frac{l}{2 \log_e \frac{l}{r}} = \frac{560.07}{2 \times 4.368} \quad r = 7.065 \quad \frac{l}{r} = 79.27$$

$$C_3 = 64.11 \text{ см} \quad \log_e \frac{l}{r} = 1.89911 \times 2.3 = 4.368$$

4" труба: внешний диаметр 4.5" = 11.43 см = d
 длина трубы 15' 7 1/4" = 187.25" = 475.615 см = l

$$C_4 = \frac{l}{2 \log_e \frac{l}{r}} = \frac{475.615}{8.832} \quad r = 5.715 \quad \frac{l}{r} = 83.22$$

$$C_4 = 53.85 \text{ см} \quad \log_e \frac{l}{r} = 1.92 \times 2.3 = 4.416$$

3 1/2" труба: внешний диаметр 4" = 10.16 см = d
 длина трубы 19' 3 1/4" = 231.25" = 587.375 см = l

$$C_5 = \frac{l}{2 \log_e \frac{l}{r}} = \frac{587.375}{9.49} \quad r = 5.08 \quad \frac{l}{r} = 115.6$$

$$C_5 = 61.9 \text{ см} \quad \log_e \frac{l}{r} = 2.062958 \times 2.3 = 4.745$$

3" труба: внешний диаметр 3.5" = 8.89 см = d
 длина трубы 18' 4 3/4" = 220.75" = 560.7 см = l

$$C_6 = \frac{l}{2 \log_e \frac{l}{r}} = \frac{560.7}{2 \times 4.83} \quad r = 4.445 \quad \frac{l}{r} = 126.1$$

$$C_6 = 58.05 \text{ см} \quad \log_e \frac{l}{r} = 2.1 \times 2.3 = 4.83$$

2 1/2" труба: внешний диаметр 2.875" = 7.3 см = d
 длина трубы 8' 1/4" }
 длина соединительных } 8' 88" = 104" = 264.16 см = l
 трубок 7' 3/4" }

$$C_7 = \frac{l}{2 \log_e \frac{l}{r}} = \frac{264.16}{2 \times 4.276} \quad r = 3.65 \quad \frac{l}{r} = 72.37$$

$$C_7 = 30.89 \text{ см}$$

$$\log_e \frac{l}{r} = 1.859 \times 2.3 = 4.276$$

Исходя из вышеприведенного, находим общую емкость конструкции:

C:	7" труба с насадкой	91.7	см
	6" " "	66.2	" "
	5" " "	64.11	" "
	4" " "	53.85	" "
	3 1/2" " "	61.9	" "
	3" " "	58.05	" "
	2 1/2" " "	30.89	" "
	Шар диаметром 30"	38.1	" "
	Суммарная емкость	C = 464.8	см

Примечание. Этот результат предполагает, конечно, что все эти емкости соединены параллельно. Правда, приходится допустить, что в расчет берутся только длинные волны. С короткими волнами расчетное значение вряд ли возможно подтвердить экспериментально.

Колорадо-Спрингс 6 ноября, 1899

Определение электростатической емкости конструкции из стальных труб путем измерений

Опять воспользовались способом, ранее уже применявшимся с этой целью. Катушка с намоткой из 550 витков на барабане 10 5/16", возбуждалась от колебательной первичной системы, и максимальный резонансный подъем достигался только с проводами разрядников, присоединенными к выводам катушки. Затем мы присоединили верхний вывод катушки к конструкции и опять добились максимального проявления. Из двух известных величин периода первичной системы и индуктивности катушки, мы вычислили емкость конструкции. Чтобы избежать погрешностей, обусловленных емкостью проводов, присоединенных к катушке, мы предусмотрели меры, исключаящие отклонения, которые могли бы оказать какое-либо значительное влияние на

результат. Итак, когда колебания катушки в комбинации только с проводами разрядников были определены, мы подобным же образом прикрепили к верхнему выводу катушки провод, предназначенный для последующего соединения с конструкцией, расположив его так, чтобы при повторном эксперименте или серии экспериментов потребовалось только наклонить провод, чтобы он сконтактировал с конструкцией. Если не соблюдать эту профилактическую меру, погрешность, внесенная при присоединении провода, может быть — и это, действительно, обычно происходит — значительной. Сначала мы отрегулировали провода разрядников и провод, который предстояло присоединить к конструкции, и поместили этот провод вертикально, на расстоянии около четырех футов от последней. Максимальное нарастание резонанса наблюдалось на терминалах возбужденной катушки при следующих показаниях:

Емкость в первичной цепи, суммарно	Витки в регулировочной катушке	Анализ искрового разряда на выводах
$[(8 \times 36) - 2] / 2 = 143$ бутылки, или 0.1287 мкФ	$2 \frac{1}{8}$	$2 \frac{5}{8}$ "

Далее мы наклонили провод и осуществили контакт с конструкцией; максимальный резонансный подъем наблюдался при:

$[(8 \times 36) - 2] / 2 = 143$ бутылки, или 0.1287 мкФ	$17 \frac{1}{2}$	$2 \frac{5}{8}$ "
---	------------------	-------------------

Для получения более удовлетворительных показаний индуктивности в обоих первичных витках мы делали замеры колебаний следующим способом. Два первичных витка, соединения с прерывателями и конденсаторами и регулировочной катушкой — все они соединены последовательно, при этом прерыватели и конденсаторы, конечно, зашунтированы толстыми и короткими проводами (использовали № 2). Сначала сделали замеры эдс в двух первичных витках, затем в двух первичных плюс соединения и в витках регулировочной катушки, которые были задействованы на этих двух этапах. Поскольку сопротивления совершенно ничтожны относительно индуктивности, оставалось найти коэффициент эдс на двух этапах, чтобы определить индуктивность соединений и витков, исходя из известной индуктивности двух первичных витков, которую мы с большой точностью определили ранее. Так как мы делали измерения практически одновременно отдельно в первичных витках, а также в первичных витках, соединениях и витках, ω не может ощутимо варьироваться и, чтобы убедиться в этом, мы делали повторные замеры. Ток, проходивший через катушки индуктивности, также оставался неизменным в течение двух последовательных измерений, поэтому результаты должны быть более достоверными, чем полученные другим способом. На первом этапе были

получены следующие результаты:

$$\left. \begin{array}{l} E_1 = 10.4 \text{ вольт} \\ E = 10 \text{ вольт} \end{array} \right\} I \text{ и } \omega \text{ те же;}$$

на втором этапе:

$$\left. \begin{array}{l} E_1 = 13.15 \text{ вольт} \\ E = 10.3 \text{ вольт} \end{array} \right\} I \text{ и } \omega \text{ те же.}$$

Пусть L обозначает индуктивность двух последовательных первичных витков и L_1 — двух первичных витков + соединения + $2 \frac{1}{8}$ витка регулировочной катушки, тогда в первом случае мы получаем:

$$\frac{E_1}{E} = \frac{L_1}{L} \quad \text{и} \quad L_1 = \frac{E_1}{E} L.$$

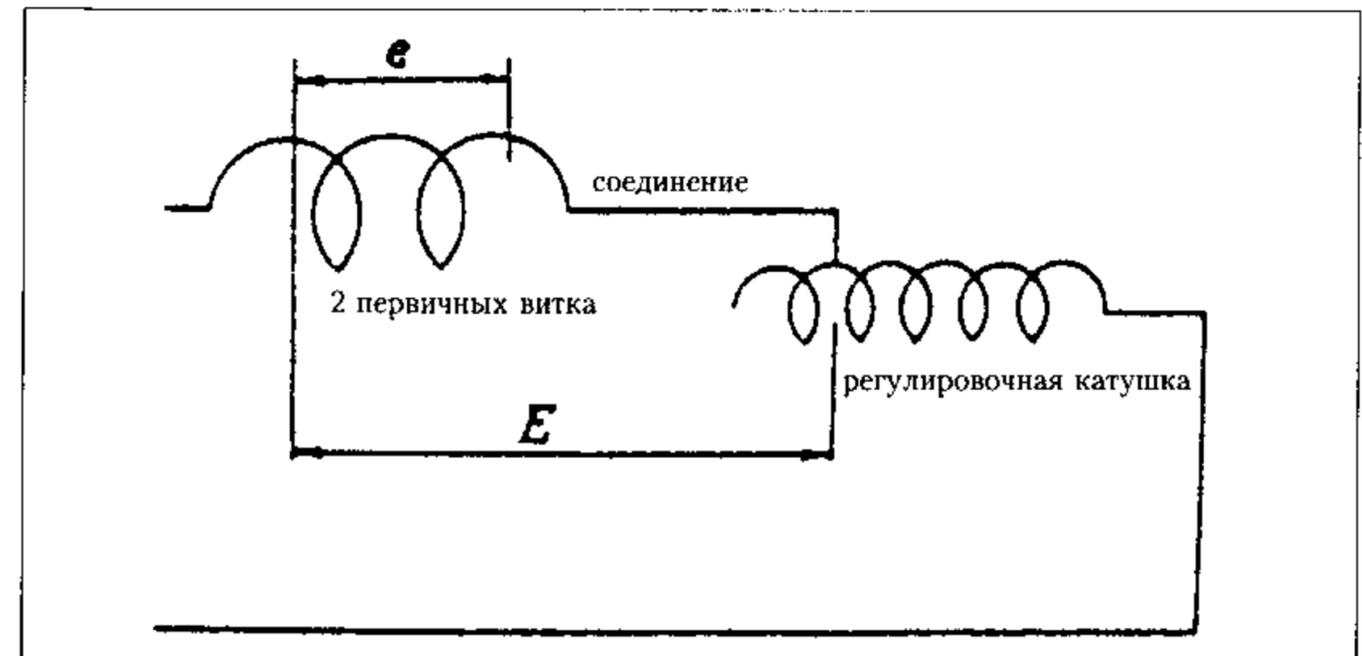
Так как по предварительным расчетам L составила 230 945 см, то

$$L_1 = \frac{104}{100} \times 230\,945 = 240\,183 \text{ см,}$$

отсюда индуктивность соединений + $2 \frac{1}{8}$ витка регулировочной катушки равна $L_1 - L = 9\,238$ см.

Во втором случае мы подобным же способом получаем

$$L_2 = \frac{13.15}{10.3} \times 230\,945 = 294\,847 \text{ см,}$$



где L_2 есть индуктивность двух первичных витков + соединения + $17 \frac{1}{2}$ витка регулировочной катушки.

Отсюда индуктивность соединений вместе с витками ($17 \frac{1}{2}$) составляет:

$$L_2 - L = 63902 \text{ см.}$$

Исходя из этих данных, мы можем рассчитать емкость конструкции следующим образом. На первом этапе колебания первичного контура имели следующую характеристику:

$$T_1 = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{\frac{9\,238}{10^9} \times 0.1287}.$$

На втором этапе первичный контур колебался с

$$T_2 = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{\frac{63\,902}{10^9} \times 0.1287}.$$

Обозначим емкость возбуждаемой системы через C_s , когда она не присоединена к конструкции, а через C'_s - емкость, когда это соединение имело место, и тогда мы получим

$$T_1 = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{C_s L'} = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{\frac{9\,238}{10^9} \times 0.1287} \text{ и}$$

$$T_2 = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{C'_s L'} = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{\frac{63\,902}{10^9} \times 0.1287},$$

где L' есть индуктивность возбуждаемой катушки. L' была замерена ранее и оказалась равной 18650000 см. Таким образом, на основании вышесказанного:

$$C_s = \frac{9\,238 \times 0.1287}{10^9 \times \frac{18\,650\,000}{10^9}} = \frac{9\,238 \times 0.1287}{18\,650\,000} \text{ и}$$

$$C'_s = \frac{63\,902 \times 0.1287}{18\,650\,000}; \quad \frac{C'_s}{C_s} = \frac{63\,902}{9\,238}; \quad C'_s = C_s \frac{63\,902}{9\,238}.$$

C_s , выраженная в сантиметрах, составляет:

$$C_s = \frac{9\,238 \times 0.1287 \times 9 \times 10^5}{1865 \times 10^4} = \frac{11.583 \times 9\,238}{1865} = 57.375,$$

отсюда

$$C'_s = \frac{63\,902}{9\,238} \times 57.375 = 6.92 \times 57.375 = 397.03 \text{ см}$$

$$C = C'_s - C_s = 339.655 \text{ см.}$$

Этот результат ниже расчетного значения, но этого и следовало ожидать, о чем говорилось выше, так как было бы ошибкой допустить, что все трубы имеют параллельное соединение, если только колебания не очень медленные. Требуется другая катушка со значительно более высокой индуктивностью, чтобы проверить истинность этого суждения. Существует, однако, вероятность того, что, когда конструкция присоединена к возбуждаемой катушке, результат замера низкий. То есть в этом случае настройка была не острой по причине большой емкости системы, но когда конструкция не присоединена, настройка весьма острая, следовательно, если имеется неточность в настройке контуров, она может иметь место только тогда, когда конструкция присоединена. Это обстоятельство также необходимо исследовать. Небольшая погрешность может быть, кроме того, вызвана проводом, соединяющим катушку с конструкцией, поскольку, даже если ближайший конец этого провода находится на расстоянии 4 футов, воздействие, спровоцированное конструкцией, может оказаться достаточным, чтобы отдельный замер с искровыми проводами показал большее значение. Мы это выясним. Исходя из предыдущих исследований увеличения емкости в зависимости от высоты подъема, я должен был рассчитывать на значительно большую емкость конструкции, превышающую расчетное значение.

В нынешней ситуации мы также делали замеры с целью определения индуктивности только соединений + гибкий кабель на регулировочной катушке + $\frac{1}{2}$ витка регулировочной катушки. То есть, это наименьшее возможное значение с регулировочной катушкой, входящей в цепь. При этих условиях показания дали $E_1 = 10.5$; $E = 10.2$ в двух первичных витках отдельно, соответственно. В связи с вышеприведенным и исходя из того, что L_3 есть индуктивность двух первичных витков + соединения + гибкий кабель + $\frac{1}{2}$ витка регулировочной катушки,

$$L_3 = \frac{105}{102} \times L = \frac{105}{102} \times 230\,945 = 237\,738 \text{ см,}$$

следовательно, индуктивность всех упомянутых соединений составляет

$$L_3 - L = 237\,738 - 230\,945 = 6\,793 \text{ см для } \begin{cases} \text{собственно соединений} \\ \frac{1}{2} \text{ регулировочной катушки} \\ \text{гибкого кабеля} \\ \text{регулирующей катушки.} \end{cases}$$

Примечание. Небольшая погрешность часто возникает при изменении положения гибкого кабеля, увеличивает (слегка) показания при небольшом числе витков.

Колорадо-Спрингс 7 ноября, 1899

Продолжение экспериментов с целью уточнения емкости конструкции из стальных труб методом резонансного анализа

Провели две серии замеров, одну серию с новой дополнительной катушкой, другую – с катушкой на 346 витков, провод № 10, барабан диаметром 14". Получили следующие показания:

С новой дополнительной катушкой

Емкость в первичной цепи возбуждения, суммарная	Индуктивность в первичной цепи. Витки регулировочной катушки + соединения	Анализ искрового разряда на выводах возбужденной катушки
$[(8 \times 36) - 2] / 2 = 143$ бутылки, или 0.1287 мкФ	22 + соединения	$2 \frac{5}{16}$ "
$[(8 \times 36) - 2] / 2 = 143$ бутылки, или 0.1287 мкФ	8 + соединения	$3 \frac{3}{4}$ "
<i>С экспериментальной катушкой, описанной выше</i>		
$[(3 \times 36) - 2] / 2 = 53$ бутылки, или 0.0477 мкФ	15.75 + соединения	4"
$[(3 \times 36) - 2] / 2 = 53$ бутылки, или 0.0477 мкФ	3.5 + соединения	$3 \frac{1}{8}$ "

Примечание. Первые замеры сделаны, конечно, с конструкцией в каждом случае, а вторые – без нее.

Воспользовавшись возможностью, сделали замеры и с упоминавшейся ранее катушкой, намотанной на барабан диаметром $10 \frac{5}{16}$ " (550 витков), единственно с целью сравнить индуктивность первичной и вторичной цепи. При той же емкости, что и в последнем случае, резонанс проявлялся с одними проводами разрядника:

$[(3 \times 36) - 2] / 2 = 35$ бутылок = 0.0477 мкФ	$8 \frac{7}{8}$	$3 \frac{1}{4}$ "
---	-----------------	-------------------

Это пригодится в будущем.

Возвращаясь к двум сериям экспериментов, необходимо отметить, что один виток новой дополнительной катушки был снят, и на это следует делать поправку.

Пусть T_{p1} – колебания в первичной цепи, а T_{s1} , соответственно, во вторичной для первого случая, тогда $T_{p1} = T_{s1}$. Также и для второго замера с дополнительной катушкой, когда конструкция еще не была присоединена к катушке. Обозначив соответствующие колебания как T_{p2} и T_{s2} , мы имеем $T_{p2} = T_{s2}$. Следовательно,

$$T_{p1} = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{L_{p1} \times C} \text{ и } T_{p2} = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{L_{p2} \times C}, \text{ где } L_{p1} \text{ и } L_{p2} \text{ обозначают индуктивность в первичной цепи в обоих случаях. Отсюда получаем соотношение:}$$

$$\frac{T_{p1}}{T_{p2}} = \sqrt{\frac{L_{p1}}{L_{p2}}}, \text{ которое полезно помнить.}$$

Если в первичной цепи индуктивность менялась, а емкость оставалась прежней, то во вторичной цепи картина была прямо противоположной, индуктивность оставалась неизменной, а емкость менялась. Обозначим теперь емкость системы возбуждения вместе с конструкцией через C_{s1} а без конструкции – C_{s2} (т.е. емкость катушки в соединении только с проводами разрядников), и по аналогии мы имеем:

$$\frac{T_{s1}}{T_{s2}} = \sqrt{\frac{C_{s1}}{C_{s2}}} = \frac{T_{p1}}{T_{p2}} = \sqrt{\frac{L_{p1}}{L_{p2}}}, \text{ или } \frac{C_{s1}}{C_{s2}} = \frac{L_{p1}}{L_{p2}}.$$

Это, кроме всего прочего, удобное уравнение, которое полезно помнить. В тех случаях, когда емкость системы возбуждения очень часто меняется, нужно лишь определить начальную емкость, при которой была начата серия экспериментов, чтобы получить все другие значения, исходя из известной индуктивности первичной цепи в двух, следующих один за другим, экспериментах. Но когда требуется определить только два значения, как в данном случае, их можно сразу же вычислить, зная характеристики колебаний первичной цепи.

В данной случае, следуя этому методу, мы получаем:

$$T_{p1} = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{0.1287 \times 0.000079} \text{ и } L_{p1} = \begin{cases} \text{соединения + 22 витка =} \\ = 79000 \text{ см} = 0.000079 \text{ Гн.} \end{cases}$$

$$T_{p2} = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{0.1287 \times 0.00002526} \text{ и } L_{p2} = \begin{cases} \text{соединения + 8 витков регу-} \\ \text{лировочной катушки =} \\ = 25260 \text{ см} = 0.00002526 \text{ Гн.} \end{cases}$$

$$T_{p1} = T_{s1} = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{C_{s1} \times 0.02}$$

$$T_{p2} = T_{s2} = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{C_{s2} \times 0.02}$$

Индуктивность катушки из 550 витков составила 18650000

Индуктивность катушки из 344 витков составила 6040000

Следовательно, $\frac{\text{индуктивность } 8\frac{1}{8} \text{ витка}}{\text{индуктивность } 3\frac{1}{2} \text{ витка}} = \frac{1865}{604}$

Сверить позже.

Колорадо-Спрингс

8 ноября, 1899

Сводная таблица индуктивности по результатам предыдущих замеров

Два первичных витка, соединенных последовательно	230945	см	0.000230945	Гн
Один из первичных витков	57736	—"	0.000057736	—"
Все соединения к конденсаторам и прерывателям, как обычно	5004	—"	0.000005004	—"
Все соединения плюс половина витка регулировочной катушки (первый виток)	5774	—"	0.000005774	—"

Все соединения плюс первый виток

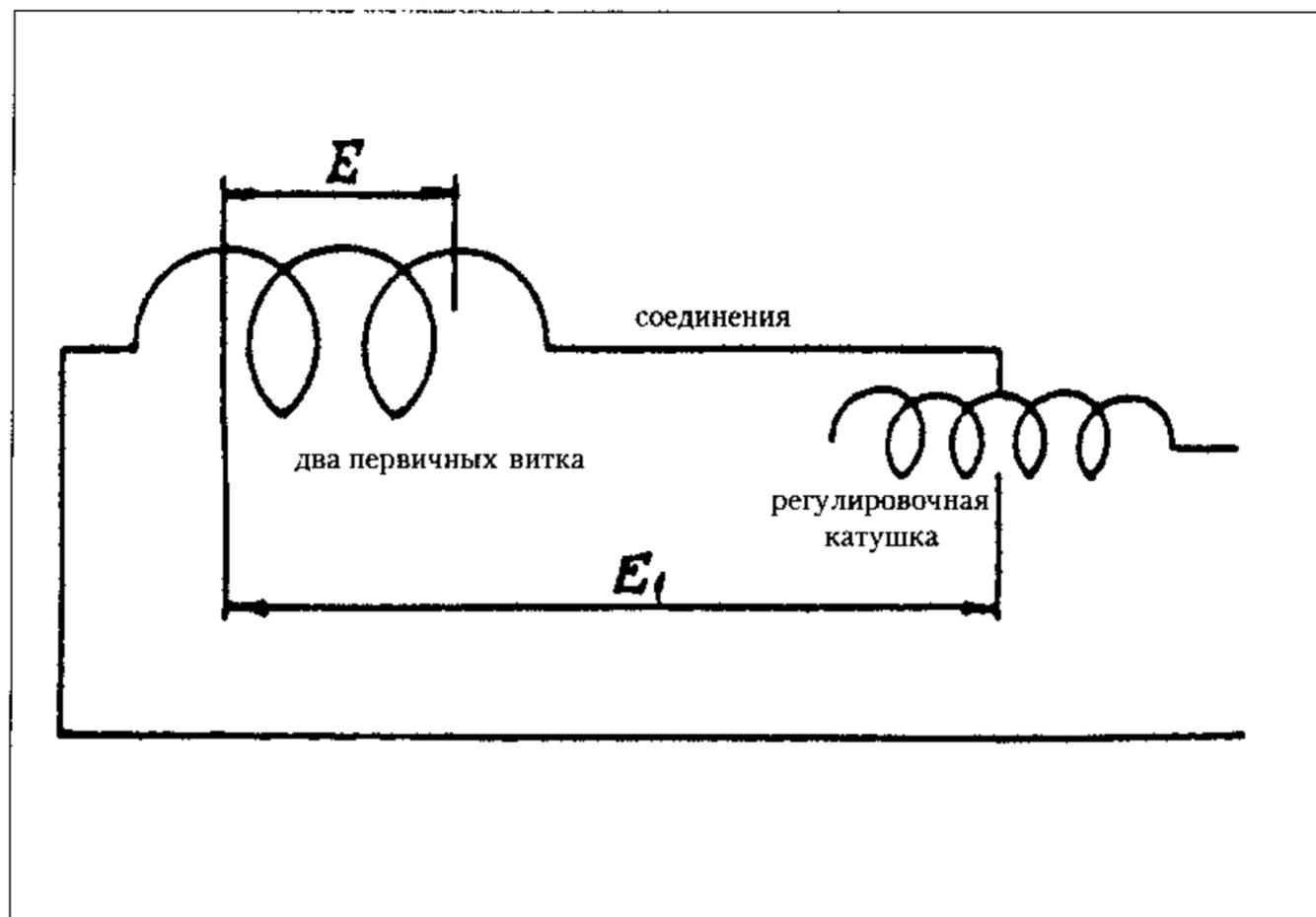
регулирующей катушки (полный)	6544	—"	0.000006544	—"
—"	1 $\frac{1}{2}$	—"	7314	—"
—"	2	—"	8084	—"
—"	2 $\frac{1}{2}$	—"	8854	—"
—"	3	—"	10009	—"
—"	3 $\frac{1}{2}$	—"	11164	—"
—"	4	—"	12319	—"
—"	4 $\frac{1}{2}$	—"	13474	—"
—"	5	—"	15158	—"
—"	5 $\frac{1}{2}$	—"	16842	—"
—"	6	—"	18526	—"
—"	6 $\frac{1}{2}$	—"	20210	—"
—"	7	—"	21894	—"
—"	7 $\frac{1}{2}$	—"	23578	—"
—"	8	—"	25262	—"

—"	8 $\frac{1}{2}$	—"	26946	—"	0.000026946	—"
—"	9	—"	28870	—"	0.000028870	—"
—"	9 $\frac{1}{2}$	—"	30794	—"	0.000030794	—"
—"	10	—"	32718	—"	0.000032718	—"
—"	10 $\frac{1}{2}$	—"	34642	—"	0.000034642	—"

Эта таблица содержит достаточно точные сведения для всех основных расчетов.

После 10 $\frac{1}{2}$ витка прирост составляет 3850 см на виток, так что индукция 10 $\frac{1}{2}$ + n витков + соединения будет равна 34642 + $n \times 3850$ см. С подключением всей катушки действуют 23 $\frac{1}{2}$ витка индуктивностью 84692 см, или 0.000084692 Гн.

Для уточнения предыдущих измерений мы многократно снимали показания эдс в двух первичных витках, соединенных и в регулировочной катушке — все они подключены последовательно в такой быстрой последовательности, какая оказалась возможной, при этом мы меняли количество витков регулировочной катушки после каждой серии замеров. Схема демонстрирует соединения различной индуктивности, а показания, приведенные к одинаковой эдс в двух первичных витках + соединения + $\frac{1}{2}$ витка регулировочной катушки + гибкий кабель, указаны в нижеследующей таблице:



Количество витков регулировочной катушки, подключенных к цепи	Эдс в двух первичных витках + соединения + гибкий кабель + половина одного витка регулировочной катушки					Разность эдс между последовательными замерами
	первая серия замеров	вторая серия	третья серия	четвертая серия	среднее значение	
23 1/2	15.873	15.928	15.928	15.928	15.914	0.208
22 1/2	15.706	15.706	15.706	15.706	15.706	0.396
20 1/2	15.318	15.263	15.34	15.318	15.310	0.399
18 1/2	14.929	14.8185	14.929	14.929	14.901	0.4155
16 1/2	14.4855	14.4855	14.4855	14.4855	14.4855	0.3835
14 1/2	14.119	14.0415	14.1525	14.097	14.102	0.352
12 1/2	13.764	13.7085	13.764	13.764	13.75	0.3745
10 1/2	13.3755	13.3755	13.3755	13.3755	13.3755	0.3635
8 1/2	13.0425	13.9537	13.009	13.0425	13.012	0.3164
6 1/2	12.7095	12.654	12.7095	12.7095	12.6956	0.3191
4 1/2	12.3765	12.3765	12.3765	12.3765	12.3765	0.2221
2 1/2	12.1545	12.1212	12.1875	12.1545	12.1544	0.1544
1/2	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	

ω в этих замерах менее 880.

Примечание. В режиме приведения к одинаковой эдс через два первичных витка и соединения, 1/2 витка и гибкий кабель средние значения весьма удовлетворительно согласуются с ранее зарегистрированными замерами. Таблица, составленная на основе полученных ранее значений, будет достаточно точной для всякого рода текущих расчетов. Обе серии замеров показывают, что имеют место колебания около 0.2 вольта на виток, за исключением нескольких первых витков.

Сегодня были сделаны дальнейшие замеры с целью сведения результатов в единую таблицу индуктивности при различном количестве витков регулировочной катушки. Машина работала в особом режиме, и мы предприняли все меры для получения максимально точных измерений. Опять применили тот же способ, что и в прошлый раз, при котором измеряем эдс в двух последовательных первичных витках и одновременно эдс в двух первичных витках + соединения + витки в регулировочной катушке. Сопротивление, как сказано выше, было совершенно незначительное, индуктивность в каждом случае задавалась соотношением эдс и индуктивностью двух первичных витков. При

использовании этого способа может возникнуть погрешность, вызываемая изменением ω , которую можно определить только путем измерения скорости генератора, но, к сожалению, прибор для более точного определения этого параметра остался в Нью-Йорке. Результаты указаны в нижеследующей таблице:

Эдс в двух последовательных первичных витках	Эдс в двух первичных витках + соединения + витки регулировочной катушки	Количество витков регулировочной катушки	I	ω	Пошаговый прирост эдс
12.00	12.3	1/2	58.8	880	
12.00	12.45	2 1/2	58.8	880	0.15
12.00	12.70	4 1/2	58.8	880	0.25
12.00	13.05	6 1/2	58.8	880	0.35
12.00	13.40	8 1/2	58.8	880	0.35
12.00	13.80	10 1/2	58.8	880	0.40
12.00	14.20	12 1/2	58.8	880	0.40
12.00	14.60	14 1/2	58.8	880	0.40
12.00	15.00	16 1/2	58.8	880	0.40
12.00	15.40	18 1/2	58.8	880	0.40
12.00	15.80	20 1/2	58.8	880	0.40
12.00	16.20	22 1/2	58.8	880	0.40
12.00	16.40	23 1/2	58.8	880	0.20

Прослеживается прирост примерно в 0.20 В на виток, за исключением нескольких первых витков.

Колорадо-Спрингс

9 ноября, 1899

В некоторых экспериментах возникала необходимость применения колебаний с более низкими частотами, а для этого пришлось подключить дополнительные катушки индуктивности в конденсаторную разрядную цепь. В таких условиях нам было удобнее использовать просто два первичных витка; чтобы не допустить сильного искрения во вторичной цепи и изменения реакции в первичной цепи, необходимо было соединить концы вторичной цепи. Мы сделали замеры с целью более точного определения индуктивности первичной обмотки с закороченной вторичной

Были получены следующие результаты:

Сила тока	Эдс в двух последовательных первичных витках	ω
58.80	8.75	880
58.40	8.5	880
58.00	8.33	880
Среднее значение 58.40	Среднее 8.45 (с поправкой на смещение у нулевой отметки)	880

С разомкнутой вторичной цепью показания полностью совпали с предыдущими:

58.8	11.95	880
------	-------	-----

В режиме приведения к одинаковой силе тока при замкнутой вторичной цепи замеры в обоих случаях дали результаты:

58.8	8.5	880
------	-----	-----

Как мы ранее выяснили, индуктивность двух витков первичной цепи составила $230\,945 \text{ см} = L$. С замкнутой вторичной цепью мы получаем их индуктивность, равную $8.5/11.95L = 164\,270 \text{ см}$.

В режиме, когда оба первичных витка запараллелены, она, по всей вероятности, составит $41\,068 \text{ см}$ приблизительно.

Согласно предыдущим расчетам, коэффициент взаимной индукции с двумя параллельными первичными витками равен примерно $850\,000 \text{ см}$. В прошлый раз замер индуктивности вторичной цепи дал результат $9\,568\,000 \text{ см}$, то есть, среднее двух последних показаний составляет $9\,560\,000 \text{ см}$. Исходя из этих данных, мы получаем значение индуктивности в режиме замкнутой вторичной цепи:

$$L - \frac{M^2}{N} = 230\,945 - \frac{85^2 \times 10^8}{956 \times 10^4} = 230\,945 - \frac{85^2 \times 10^4}{956} = 230\,945 - 75\,575 = 155\,370 \text{ см.}$$

Вышеприведенные показания не вполне согласуются с результатами вычислений, но, как я полагаю, это лишь указывает на некоторое воздействие вторичной цепи на первичную, когда первая из названных не замкнута, или же измеренная величина взаимной индукции оказалась несколько завышенной, что весьма вероятно.

Так как не всегда было возможно проводить испытания отдельно с первичными витками в режиме использования их в качестве индуктивности, мы

подготовили две катушки индуктивности, одну с намоткой проводом № 6, вторую – проводом № 2, обе на барабане диаметром 5". Подробности относительно этих обеих катушек будут даны ниже. Чтобы определить их приблизительную индуктивность, мы сделали замеры в режиме подключения этих катушек последовательно в цепь вместе с двумя последовательными первичными проводами, в которых измерили эдс и получили приблизительное значение индуктивности в каждом из них, исходя из коэффициента эдс и известной индуктивности первичных витков, конечно, без учета сопротивления. Получили следующие показания:

Для катушки с намоткой проводом № 6:

Эдс в двух первичных витках + катушка, последовательное подключение	Эдс отдельно в двух первичных витках	Сила тока	ω
14.5	6.4	30.9	880
14.5	6.4	30.9	880
14.5	6.4	30.9	880

Для катушки с намоткой проводом № 2:

13.5	8.2	40.1	880
13.5	8.2	40.1	880
13.5	8.2	40.1	880

Отсюда получаем приблизительные значения индуктивности катушки с проводом № 6

$$l = \frac{14.5}{6.4} \times 230\,945 - 230\,945 = \frac{8.1}{6.4} \times 230\,945 = 292\,290 \text{ см.}$$

Катушка с проводом № 6 и катушка с проводом № 2:

$$l_1 = \frac{13.5}{8.2} \times 230\,945 - 230\,945 = \frac{5.3}{8.2} \times 230\,945 = 149\,340 \text{ см.}$$

Катушка с проводом № 2

Сначала пользовались этими цифрами, затем провели специальные замеры. Ниже даны все параметры этих катушек, а также измеренные и расчетные значения.

Катушка с намоткой проводом № 6:

длина намотки 38.75" = 98.425 см,
барабан 5" = 12.7 см, 129 витков.

Толщина провода с изоляцией 98.425/129 см. Толщина неизолированного провода = 0.162" = 0.41148 см. Толщина изоляции с обеих сторон

$$\frac{98.425}{129} - 0.41148 = 0.763 - 0.4115 = 0.3515 \text{ см.}$$

Эту величину следует добавить к сердечнику диаметром 12.7 см, тогда общий диаметр составит 13.0515 см.

Следовательно, для расчета индуктивности мы имеем следующие данные:

$$d = 13.0515 \text{ см, } l_1 = 98.425 \text{ см,}$$

$$N = 129, N_2 = 16641,$$

$$S = \frac{\pi}{4} d^2 = 133.786 \text{ кв. см,}$$

отсюда получаем $l = \frac{12.5664}{98.425} \times 16641 \times 133.786 = 284247 \text{ см.}$

Далее мы имеем следующие исходные показания для расчетов:

Эдс	Ток	ω	R приблизительно 180 футов провода из расчета 2535 футов на ом	$E/I = 0.271$ $(E/I)^2 = 0.073441$
13.3	49.1	880		$R^2 = 0.00504$
13.3	49.1	880	0.071 ома	
13.3	49.1	880		$(E/I)^2 - R^2 = 0.0684$

отсюда:

$$l = \frac{\sqrt{0.0684}}{880} = \frac{0.2615}{880} \text{ Гн, или } \frac{261500000}{880} = 297160 \text{ см.}$$

Пожалуй, нам следовало бы слегка скорректировать эдс в сторону ее уменьшения, тогда результат был бы ближе к расчетному значению.

Катушка с намоткой проводом № 2.

Результаты замеров:

Эдс	Ток	ω	Сопротивление остается пренебрежимо малым	$l_1 = \frac{E}{I\omega} = \frac{6.6}{49.1 \times 880} = \frac{6.6}{49.1 \times 88} \text{ Гн,}$ или $= \frac{6.6 \times 10^8}{491 \times 88} \text{ см.}$ $l_1 = 152750 \text{ см.}$
6.6	49.1	880		

6.6	49.1	880
6.6	49.1	880

Размеры катушки следующие:

диаметр сердечника 5" = 12.7 см, длина сердечника 38.25" = 97.185 см, количество витков 91, диаметр провода с изоляцией равен $\frac{97.185}{91} = 1.068 \text{ см,}$ диаметр провода без изоляции 0.2576" = 0.6543 см.

Отсюда получаем толщину изоляции с 2 сторон
 $1.068 - 0.6543 = 0.4137 \text{ см.}$

Исходя из этих данных:

$$d = 13.1137 \text{ см; } l' = 97.185 \text{ см; } N = 91; N_2 = 8281;$$

$$S = \frac{\pi}{4} d^2 = 145.0644 \text{ кв. см; } l'_1 = \frac{4\pi}{l'} N^2 S = 155330 \text{ см.}$$

Вероятно, сопротивление не совсем пренебрежимо мало, но результаты достаточно удовлетворительные для использования катушки в обычном режиме.

Колорадо-Спрингс

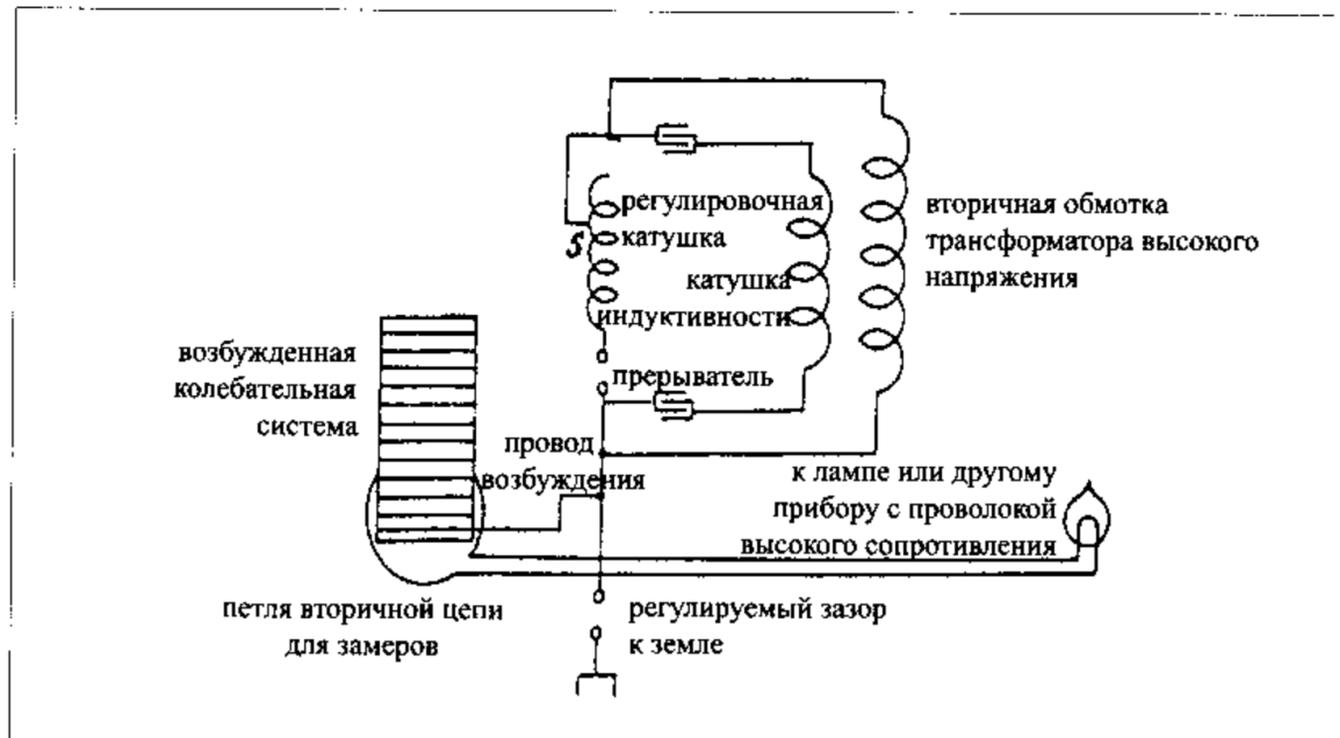
10 ноября, 1899

Измерение эффективной емкости вертикального провода, характеристики которого менялись с высотой подъема, по анализу резонанса и с применением усовершенствованного метода определения местонахождения максимального роста эдс на возбужденной системе

В предыдущих исследованиях по этой же теме локализация максимума определялась по наблюдаемому искровому разряду, но выяснилось, что этот способ снятия показаний имеет ряд недостатков. Один из них проявляется в необходимости использовать провода разрядника, еще один – в невозможности определить местонахождение максимума предельно точно – за исключением тех случаев, когда настройка очень острая. Но когда емкость системы значительна, что неизбежно при исследовании изменения емкости, настройка никогда не сможет быть абсолютно острой. Когда напряжение на возбужденной катушке велико, провода разрядника также влекут за собой значительные потери, что ослабляет и искажает результаты наблюдений. Кроме того,

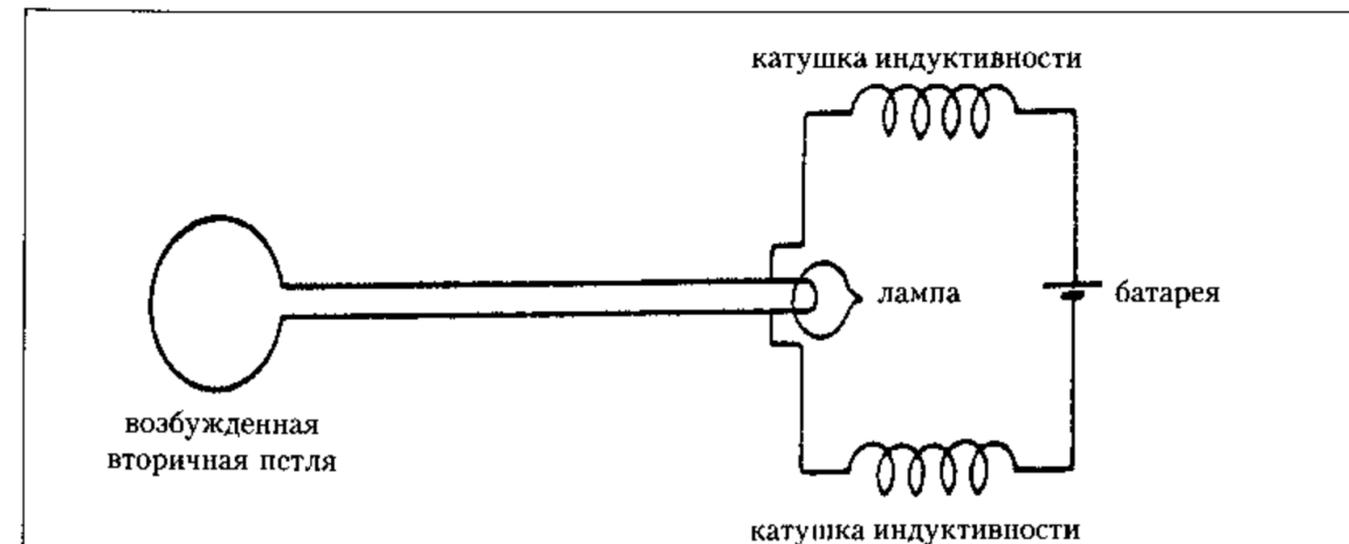
искровым методом невозможно определить период и емкость возбужденной системы отдельно без каких бы то ни было присоединений.

В последующих исследованиях мы обратились к методу, который практиковали в Нью-Йорке. Его суть состоит в применении небольшой вторичной цепи в слабом индуктивном соединении с возбужденной системой и в измерении доступным способом с помощью соответствующего прибора изменений тока или эдс во вторичной цепи. Рациональным и вполне доступным средством является включение в цепь миниатюрной лампочки, потребляющей очень небольшую часть нормального потока, и наблюдение за степенью накала очень небольшой угольной нити или тонкой платиновой проволоки. Так как малый вторичный контур не проявляет никакой существенной реакции на возбужденную колебательную систему благодаря слабой индуктивности и малому количеству энергии, потребляемой вторичной цепью, этот метод превосходит, позволяет получать точные и надежные показания, причем в гораздо большей степени, чем при использовании метода искровых проводов. С миниатюрной лампой с чрезвычайно тонкой и короткой нитью накаливания энергия, потребляемая для снятия показаний, совершенно незначительна и может составить менее одной миллионной части энергии колебательной системы. На чертеже ниже показана компоновка устройства. К тому же возбуждение легко варьируется при помощи регулируемого зазора в заземляющем проводе. Во вторичной цепи, питающей миниатюрную лампочку, желательно предусмотреть непрерывно регулируемое сопротивление, посредством которого яркость нити накаливания могла бы снижаться до любого желаемого уровня. Ток от питающего трансформатора также можно было регулировать, поскольку это необходимо для экспериментов. Я обычно предпочитаю действовать следую-



щим образом: сначала мы определяем местонахождение максимума на соответствующем месте регулировочной катушки, достигая этого путем изменения емкости первичной цепи до достижения максимума с помощью скользящего контакта S в заданной точке регулировочной катушки.

Перемещение на несколько витков в любую из сторон приводит обычно к тому, что лампа гаснет. Определяя таким способом примерное местонахождение пика, мы снижаем яркость свечения лампы с помощью подключенного в цепь сопротивления или иным способом — например, путем помещения вторичной цепи, питающей ее, подальше от возбужденной системы — пока нить накаливания не станет едва видна, при этом скользящий контакт находится в точке, дающей максимальное значение на возбужденной системе. Имея некоторый опыт, можно таким способом без труда определить местонахождение максимума с точностью до $1/4$ процента. Но прибегнув к несложным экспериментальным средствам, мы можем добиться еще большей точности. Несомненно, чем больше энергия возбужденной катушки, тем лучше. Для этого можно применять приборы с раскаленной проволокой или всякого рода детекторы, позволяющие усовершенствовать этот метод, сделав возможным достижение любой желаемой степени точности. Тем не менее очень простой прием, эффективный и всегда доступный, состоит в подборе источника энергии, для того чтобы довести свечение нити накаливания или провода именно до той степени, когда его может увидеть наблюдатель. Я подсоединяю лампу к батарее с постоянной эдс посредством двух дроссельных катушек, располагая витки последних таким образом, чтобы заранее довести нить накаливания до необходимой температуры. Небольшое количество избыточной энергии, поступающей от петли, окажется, таким образом, достаточной, чтобы нить накаливания начала светиться. В результате затрачивается меньше энергии, поступающей от возбужденной системы, и определение местонахождения максимума значительно облегчается. Нижеследующая таблица представляет это устройство



в его простейшей форме. Токи высокой частоты, конечно, не смогут проходить через дроссельные катушки. Этот способ подходит также для настройки контуров различного назначения, например, в телеграфии.

В нынешних экспериментах мы использовали ранее описанную катушку со следующими характеристиками: 1314 витков, провод № 18, барабан диаметром 14", длиной 8 футов. Целью испытаний было определение эффективной емкости вертикального провода № 10 длиной 50 футов, который мы использовали в ряде случаев, подробно описанных выше. Получили следующие результаты замеров.

Катушка с намоткой из 1314 витков вместе с проводами разрядника, применявшаяся ранее:

Емкость в первичной цепи	Индуктивность в первичной цепи
46/2 = 23 бутылки = 0.0207 мкФ	16 витков регулировочной катушки + + соединения + катушка с намоткой проводом № 6

Примечание. Этот замер сделан с целью проверки метода с проводами разрядника. Совпадение результатов, полученных в предыдущих замерах путем анализа разрядника с 15 1/2 витками, было почти полным по сравнению с нынешними 16 витками. Но этого и следовало ожидать, так как в варианте только с искровыми проводами разрядника при малой емкости настройка будет весьма точной. Вероятно, совпадение не было бы таким близким, если к возбужденной системе подключить большую емкость.

Катушка с намоткой из 1314 витков отдельно, без проводов разрядника:

20/2 = 10 бутылок = 0.009 мкФ	12 1/2 витка + соединения + катушка с проводом № 6
-------------------------------	---

Катушка с намоткой из 1314 витков с вертикальным проводом № 10 длиной около 50 футов:

70/2 = 35 бутылок = 0.0315 мкФ	18 1/2 витка + соединения + катушка с проводом № 6
--------------------------------	---

Индуктивность первичной цепи в первом случае составила:

Катушка с проводом № 6	284000 см	} всего
12 1/2 витка + соединения	42300 см	
		326300 см

Во втором случае она составила:

Катушка с проводом № 6	284000 см	} всего
18 1/2 витка + соединения	65400 см	
		349400 см.

Обозначив, как и прежде, через C_{s1} и C_{s2} , соответственно, емкости системы с вертикальным проводом и без него, мы получаем:

$$C_{s1} = \frac{87\,300\,000}{10^9} = \frac{349\,400}{10^9} \times 0.0315$$

Индуктивность возбужденной катушки на основе полученных ранее данных равна 87300000 см.

$$C_{s1} = \frac{3\,494 \times 0.0315}{873\,000} \text{ мкФ.}$$

Подобным же образом из вышесказанного следует:

$$C_{s2} = \frac{3\,263 \times 0.009}{873\,000} \text{ мкФ.}$$

Отсюда получаем емкость вертикального провода:

$$C_{s1} - C_{s2} = \frac{3\,494 \times 0.0315 - 3\,263 \times 0.009}{873\,000} = \frac{110.061 - 29.367}{873\,000} = \frac{80.694}{873\,000} \text{ мкФ,}$$

или в сантиметрах:

$$C = C_{s1} - C_{s2} = \frac{9 \times 10^5 \times 80.694}{873\,000} = \frac{72\,624.6}{873} = 83.2 \text{ см.}$$

Расчетное значение, полученное ранее, составило 81.5 см. Расчетные данные предполагали, что длина провода равна 50 футам, но это могло быть и не так. Ее можно будет измерить точно, когда спустим провод вниз. Индуктивность катушки с проводом № 6 определили как 284000 см, но замеренные значения приведены выше. Возьмем среднее значение двух замеров и получаем приблизительно 295000 см. Это может быть более высокое значение эффективной емкости вертикального провода. Кроме того, возможно, индуктивность возбужденной катушки могла различаться на несколько процентов от той, которая послужила основанием для этого расчета.

Пользуясь вышеприведенными данными, представляется полезным определить емкость возбужденной катушки отдельно. Она такова:

$$C_{s2} = \frac{3\,263 \times 0.009 \times 9 \times 10^5}{873\,000} = 30.3 \text{ см приблизительно.}$$

Ряд замеров, сделанных на цилиндре катушки в ее возбужденном состоянии, определяют емкость:

$$C = \frac{l}{2 \log_e \frac{l}{r}},$$

$$\text{при этом } l = 8' = 243.84 \text{ см } r = 7'' = 17.78 \text{ см}$$

$$l/r = 13.71 \quad \log_e \frac{l}{r} = 1.137037 \times 2.3 = 2.6152$$

$$C = \frac{243.84}{2 \times 2.6152} = 46.6 \text{ см.}$$

Рассмотрим теперь ту часть цилиндрической поверхности, которая будет покрыта неизолированным проводом на катушке:

провод № 18, диаметр = 0.0403" = 0.1024 см. Поскольку витков 1314, провод закроет 1314 × 0.1024 см = 134.55 см.

По сравнению с цилиндром, длина которого 243.84 см, емкость C_1 более короткой части будет меньше в соответствии с пропорцией 134.55 : 243.84, то есть C_1 составит $\frac{134.55}{243.84} C = \frac{134.55}{243.84} \times 46.6 =$ приблизительно 26 см.

Отсюда представляется вероятным, что приблизительный расчет емкости такой катушки можно получить путем сопоставления с цилиндрической поверхностью, покрытой неизолированным проводом.

Продолжение экспериментов с целью уточнения взаимосвязи емкости и высоты подъема

В этих экспериментах мы использовали новую катушку с намоткой из гораздо большего числа витков с целью получения колебаний более низкой частоты. Катушку намотали на тот же неоднократно применявшийся барабан диаметром 14" и длиной 8 футов. Катушка имела 1314 витков проводом № 18, покрытым воском. Так как длина катушки и площадь катушек оставались неизменными, мы сделали приблизительный расчет индуктивности, исходя из индуктивности другой катушки, с которой проводили эксперименты ранее. Последняя имела 689 витков и ее замеренная индуктивность составила 24 000 000 см. Используя эти данные, находим индуктивность новой катушки как

$L \left(\frac{1314}{689} \right)^2 = ?$, где L есть индуктивность упомянутой катушки, отсюда получаем значение для $L_1 \left(\frac{1314}{689} \right)^2 \times 24 000 000 = 3.637 \times 24 000 000 = 87 288 000$ см приблизительно.

Сравнивая это значение с другой катушкой, ранее описанной, которая была намотана на такой же барабан и имела 346 витков, и воспользовавшись ранее рассчитанным значением индуктивности последней, равным 6 040 000

см, мы получаем $L_1 = \left(\frac{1314}{346} \right)^2 \times 6 040 000 = 14.4225 \times 6 040 000 = 87 111 900$ см,

что почти совпадает с приведенным выше значением.

Грубые замеры дали следующие результаты:

$$E = 200 \quad I = 2.5 \quad \omega = 870$$

Отсюда: $\frac{E}{I} = 80 \quad \left(\frac{E}{I} \right)^2 = 6400$ Расчет R : 4816 футов провода № 18 156.9 фута на ом; $R = 30.7$ ома (31.68 измеренное)

$$\frac{R^2 = 942.5}{\left(\frac{E}{I} \right)^2 - R^2 = 5457.5}$$

$$\sqrt{\left(\frac{E}{I} \right)^2 - R^2} = 73.88 \text{ приблизительно.}$$

$$\sqrt{\left(\frac{E}{I} \right)^2 - R^2} = 73.88 \text{ приблизительно.}$$

Индуктивность почти 85 000 000 см.

В нынешних исследованиях будем исходить из наиболее вероятного значения 87 300 000 см, которое еще следует проверить.

Мы провели эксперименты с вышеописанной катушкой, чтобы еще раз определить емкость конструкции из стальных труб. Настройки были следующими.

Для катушки с конструкцией, соединенной со свободным выводом:

Емкость в первичной цепи

Индуктивность в первичной цепи 21 виток регулировочной катушки + соединения + катушка с намоткой проводом № 6, описанной ранее

$$\frac{(6 \times 36) - 2 + 12}{2} = 113 \text{ бутылок} = 0.1017 \text{ мкФ.}$$

Для катушки только с проводами разрядника:

$$46 / 2 = 23 \text{ бутылки} = 0.0207 \text{ мкФ}$$

15 1/2 + соединения + катушка с проводом № 6

В первом случае индуктивность первичной цепи была = 359 000 см $\left\{ \begin{array}{l} \text{Катушка, провод № 6 284 000 см} \\ \text{21 виток + соединения 75 000 см} \end{array} \right\}$

Во втором случае $\left\{ \begin{array}{l} \text{Катушка, провод № 6} \quad 284\,000 \text{ см} \\ 15 \frac{1}{2} \text{ витка} + \text{соединения} \quad 54\,000 \text{ см} \end{array} \right\} = 338\,000 \text{ см.}$

Обозначив через C_{s1} емкость в возбужденной системе в первом случае, а через C_{s2} во втором случае, мы имеем:

$$\frac{2\pi}{10^3} \sqrt{\frac{87\,300\,000}{10^9} C_{s1}} = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{\frac{359\,000}{10^9} \times 0.1017}, \text{ а}$$

$$C_{s1} = \frac{\frac{359}{10^6} \times 0.1017}{\frac{873}{10^4}} = \frac{359 \times 0.1017}{87\,300} \text{ мкФ,}$$

$$\text{или } C_{s1} = \frac{9 \times 10^5 \times 359 \times 0.1017}{87\,300} = 376.4 \text{ см.}$$

Подобным же образом мы получаем:

$$\frac{2\pi}{10^3} \sqrt{\frac{87\,300\,000}{10^9} C_{s2}} = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{\frac{338\,000}{10^9} \times 0.0207},$$

$$C_{s2} = \frac{338\,000 \times 0.0207}{87\,300\,000} \text{ мкФ,}$$

$$\text{или } C_{s2} = \frac{338 \times 0.0207 \times 9 \times 10^5}{87\,300} \text{ см} = \frac{3\,042 \times 20.7}{873} = 71.67 \text{ см,}$$

отсюда мы получаем эффективную конструкцию:

$$C_{s1} - C_{s2} = 376.4 - 71.67 = 304.73 \text{ см,}$$

что является величиной, очень близкой к полученной ранее с дополнительной катушкой.

Примечание. Замеры с искровыми промежутками, которые мы прежде практиковали, оказались не вполне удовлетворительными и в следующих экспериментах мы опробуем другой метод.

Колорадо-Спрингс

11 ноября, 1899

Продолжили эксперименты с целью уточнения коэффициента возрастания емкости с увеличением высоты подъема

Мы опять использовали катушку в 1314 витков, описанную выше, и прибегли к методу определения местонахождения пика потенциала в возбужденной системе с помощью малой цепи, индуктивно связанной с системой. Некоторые усовершенствования, внесенные в методику применения индуцированной цепи, позволили снимать более точные показания, чем мы могли получать раньше, анализируя провода разрядника.

Сначала провели настройку катушки отдельно, без каких-либо присоединений к свободному выводу. Затем присоединили вертикальный провод № 10 длиной 50 футов к свободному выводу и опять провели настройку, одновременно тщательно отслеживая колебания в первичной цепи. Далее мы плавно поднимали шар диаметром 30" по вертикальному проводу и снимали показания в трех разных позициях шара на проводе, как делали это прежде. Получили следующие результаты измерений:

1. *Катушка отдельно:*

Емкость в первичной цепи, или
цепи возбуждения

Индуктивность в первичной цепи
13 витков регулировочной катушки +
+ соединения + катушка, провод № 6

20/2 = 10 бутылок = 0.009 мкФ

2. *Катушка с вертикальным проводом № 10 длиной около 50 футов:*

72/2 = 36 бутылок = 0.0324 мкФ 17 + соединения + катушка, провод № 6

3. *Катушка с вертикальным проводом и шаром диаметром 30" при расстоянии 10' 3" от центра до земли*

86/2 = 43 бутылки = 0.0387 мкФ

13 1/2 + соединения + катушка,
провод № 6

4. *Катушка с вертикальным проводом и шаром диаметром 30" при расстоянии 34 фута от центра до земли:*

86/2 = 43 бутылки = 0.0387 мкФ

14 1/2 + соединения + катушка,
провод № 6

Примечание. По-видимому, было чуть больше 14 1/2 витка.

5. *Катушка с вертикальным проводом и шаром диаметром 30" при расстоянии 57' 9" от центра до земли:*

86/2 = 43 бутылки = 0.0387 мкФ 16 1/2 + соединения + катушка,
провод № 6

В первом случае индуктивность первичной цепи составила:
катушка, провод № 6 = 295 000 см
13 витков + соединения = 43 000 см
всего = 338 300 см,
следовательно, первичные колебания
составили

$$T_{p1} = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{0.009 \times \frac{3383}{10^7}}$$

Обозначим через C_{s1} емкость возбужденной системы в первом случае, тогда мы находим период возбужденной системы:

$$T_{s1} = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{C_{s1} \times \frac{85}{10^3}}$$

Отсюда:

$$C_{s1} = \frac{0.009 \times \frac{3383}{10^7}}{\frac{85}{10^3}} = \frac{0.009 \times 3383}{85 \times 10^4} \text{ мкФ,}$$

или в сантиметрах:

$$C_{s1} = \frac{9 \times 10^5 \times 0.009 \times 3383}{85 \times 10^4} = \frac{0.81 \times 3383}{85} = 31.84 \text{ см.}$$

Это чуть больше, чем в прежнем расчете, что объясняется меньшим исходным значением индуктивности для возбужденной системы.

Во втором случае индуктивность первичной цепи состояла из:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Катушка с проводом № 6 по-прежнему} \\ \text{17 витков + соединения} \end{array} \right\} \begin{array}{l} 295\,000 \text{ см} \\ 59\,700 \text{ см} \end{array} \left. \vphantom{\left\{ \right.}} \right\} \text{Всего} = 354\,700 \text{ см.}$$

Период первичной цепи составил: $T_{p2} = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{0.0324 \times \frac{3547}{10^7}}$, а вторичной, соответственно, $T_{s2} = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{C_{s2} \times \frac{85}{10^3}}$, следовательно, $C_{s2} = \frac{0.0324 \times 3547}{85 \times 10^4}$ мкФ,

Примечание. Согласно прежним расчетам индуктивность этой катушки в некоторых случаях превышала 284 000 см и мы исходили из этого значения. Но среднее двух сделанных ранее замеров составило около 295 000 см, и в нынешних расчетах мы возьмем это значение, как более вероятное, пока вновь не проведем тщательные замеры. Тогда можно будет подкорректировать результаты.

Примечание. Индуктивность возбужденной катушки считается равной 85 000 см, и это же значение было получено в результате измерения.

Тем не менее следует проверить.

или $C_{s2} \times \frac{9 \times 10^5 \times 0.0324 \times 3547}{85 \times 10^4}$ см. $C_{s2} = 121.68$ см, поэтому емкость вертикального провода будет примерно, равна $C_{s2} - C_{s1} = 89.84$ см. И опять этот результат превышает полученный ранее, но он ближе к истине, чем предшествующий.

В третьем случае индуктивность первичной цепи составила:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Катушка, провод № 6} \\ \text{13 1/2 витка + соединения} \end{array} \right\} \begin{array}{l} 295\,000 \text{ см} \\ 46\,200 \text{ см} \end{array} \left. \vphantom{\left\{ \right.}} \right\} \text{Всего} = 341\,200 \text{ см.}$$

Отсюда колебания первичной цепи имели период

$$T_{p3} = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{0.0387 \times \frac{3412}{10^7}},$$

а колебания возбужденной системы, соответственно, имели

$$T_{s3} = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{C_{s3} \times \frac{85}{10^3}},$$

отсюда получаем

$$C_{s3} = \frac{0.0387 \times \frac{3412}{10^7}}{\frac{85}{10^3}} = \frac{0.0387 \times 3412}{85 \times 10^4} \text{ мкФ,}$$

или

$$C_{s3} = \frac{9 \times 10^5 \times 0.0387 \times 3412}{85 \times 10^4} = 139.81 \text{ см.}$$

Фактическая емкость шара в его самой низкой позиции (10' 3") от земли составила, следовательно, лишь

$$C_{s3} - C_{s2} = 139.81 - 121.68 = 18.13 \text{ см.}$$

Рассмотрим теперь четвертый и пятый случаи. В первом из них индукция первичной цепи состояла из:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Катушка, провод № 6} \\ \text{14 1/2 витка} \end{array} \right\} \begin{array}{l} 295\,000 \text{ см} \\ 50\,100 \text{ см} \end{array} \left. \vphantom{\left\{ \right.}} \right\} \text{в сумме} 345\,100 \text{ см.}$$

Но есть сомнение, не было ли там 15 витков вместо 14 1/2. Это необходимо иметь в виду. Остановимся пока на 14 3/4 витка для определения

индуктивности, что наиболее вероятно и приближено к среднему значению двух крайних значений в четвертом и пятом случаях, и мы получим значение индуктивности в первичной цепи, равное 346 000 см.

Ну а в пятом случае индуктивность имела такое значение:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Катушка, провод № 6} \quad 295\,000 \text{ см} \\ 16 \frac{1}{2} \text{ витка} \quad \quad \quad 57\,800 \text{ см} \end{array} \right\} \text{Всего} \quad 352\,800 \text{ см.}$$

А поскольку в 3, 4 и 5 случаях емкость в первичном контуре не менялась, мы имеем:

$$C_{s3} : C_{s4} = 341\,200 : 346\,000 \text{ и } C_{s4} = C_{s3} \times \frac{346}{341} = 141.78 \text{ см}$$

и подобным же образом мы получаем:

$$C_{s3} : C_{s5} = 341\,200 : 352\,800 \text{ и } C_{s5} = C_{s3} \times \frac{3528}{3412} = 144.78 \text{ см.}$$

Фактическая емкость шара в его самой высокой позиции составила:

$$C_{s5} - C_{s2} = 144.56 - 121.68 = 22.88 \text{ см.}$$

В срединной позиции она имела значение: $C_{s4} - C_{s2} = 20.1$ см, тогда как среднее значение для 22.88 и 18.13 равно 20.5 см. То есть, увеличение носит линейный характер. Прирост фактической емкости для высоты 47 футов и 6" составил $18.13 / (22.88 - 18.13)$ около 26.2%. Исходя из этого для высоты в сто футов он может составить 55.16%, или чуть более $1/2\%$ на фут.

Колорадо-Спрингс

12 ноября, 1899

Сегодня опять проводили измерения эффективной емкости надземной конструкции из стальных труб описанным ранее способом по резонансному анализу, когда максимальное нарастание потенциала на возбужденной системе определяется с помощью очень небольшой лампочки, включенной во вторичную цепь и не оказывающей существенного воздействия на возбужденную систему. Мы опять использовали катушку с намоткой из 1314 витков, о которой говорилось выше, и получили следующие показания.

Катушка с присоединенной конструкцией

Емкость в первичной цепи

Индуктивность в первичной цепи
витки регулируемой катушки

$[(6 \times 36) + 12] / 2 = 228 / 2 = 114$ бутылок, или 0.1026 мкФ

15 + соединения + катушка провод № 6

Катушка отдельно, без конструкции, только с соединительным проводом

$[(36 - 2) + 12] / 2 = 42 / 2 = 21$ бутылок = 0.0189 мкФ

$7 \frac{1}{2}$ + соединения + катушка провод № 6

Индуктивность в первичной цепи в первом случае:

Катушка, провод № 6 295 000 см
15 витков + соединения 52 000 см
Всего 347 000 см.

Индуктивность в первичной цепи во втором случае:

Катушка, провод № 6 295 000 см
 $7 \frac{1}{2}$ витка + соединения 23 600 см
Всего 318 600 см.

При условии, что C_{s1} и C_{s2} есть емкости возбужденной системы с и без конструкции, соответственно, то:

$$C_{s1} = \frac{\frac{347\,000}{10^9} \times 0.1026}{\frac{873\,000\,000}{10^9}} = \frac{3470 \times 0.1026}{873\,000} \text{ мкФ,}$$

и подобным же образом

$$C_{s2} = \frac{3186 \times 0.0189}{873\,000}$$

и

$$C_{s1} - C_{s2} = \frac{3470 \times 0.1026 - 3186 \times 0.0189}{873\,000} = \frac{356.022 - 60.2154}{873\,000} \text{ мкФ,}$$

$$\text{или } \frac{9 \times 10^5 \times 295.8066}{873\,000} = 304.95 \text{ см.}$$

И опять это значение близко к тому, которое мы получили с новой дополнительной катушкой. Совпадение было бы еще более полным, если некоторые соединения были выполнены по образцу нынешних. Я прихожу к заключению, что фактическая емкость близка к этому значению.

Колорадо-Спрингс

13 ноября, 1899

Усовершенствовали метод локализации максимальных нарастаний [напряжения] в возбуждаемой системе, применив лампу с исключительно тонкой

нитью накаливания, потребляющей лишь очень незначительную долю ампера, которая доводит ее до появления красноты, достаточной, чтобы ее было видно, и, более того, поместив лампу в темный ящик. Здесь мы применили принцип «флюороскопа», просверлив два отверстия в боковых стенках ящика для подведения проводов. Эти меры позволили сделать более точные замеры. Опять проводили испытания новой экстра-катушки [дополнительной] и определяли емкость конструкции из стальных труб. Замеры таковы:

С присоединенной конструкцией

Емкость в первичной цепи	Индуктивность в первичной цепи
$\frac{(8 \times 36)}{2} = 144$ бутылки = 0.1296 мкФ	Витки + соединения
	$18 \frac{1}{2}$ + соединения

Без конструкции (только соединительные провода)

$\frac{(8 \times 36)}{2} = 144$ бутылки = 0.1296 мкФ	$6 \frac{5}{16}$ + соединения
--	-------------------------------

Примечание. Во втором случае настройка была, несомненно, очень острой, и установить местонахождение максимума в пределах $\frac{1}{16}$ витка регулировочной катушки не составило труда; хотя в первом случае она была, как и следовало ожидать, менее острой, мы всё же с легкостью определили местонахождение в пределах $\frac{1}{4}$ витка; с большими усилиями – в пределах $\frac{1}{8}$ витка. Это не превышает $\frac{1}{2}\%$, что является удовлетворительным результатом, поскольку качество замера весьма достоверно.

Вышеприведенные данные, занесенные в таблицу, позволяют вычислить индуктивность в первичной цепи: в первом случае 65442 см, во втором 19578 см. Так как емкость в первичной цепи оставалась неизменной в обоих замерах, мы, обозначив через C_{s1} и C_{s2} емкости возбужденной системы с и без конструкции и через L индуктивность дополнительной катушки, получаем: $L = 0.02$ генри.

$$C_{s1} - C_{s2} = \frac{0.1296(65442 - 19578) \times 9 \times 10^5}{20000000} \text{ см} = 267.48 \text{ см.}$$

На сегодня эти показатели, по-видимому, наиболее достоверные.

Колорадо-Спрингс

14 ноября, 1899

Несколько раз в экспериментах с катушкой в 1314 витков на барабане диаметром 14", длиной 8 футов мы разрезали катушку в середине и соеди-

няли обе части – по 657 витков в каждой – параллельно. В таком режиме индуктивность составляла практически $\frac{1}{4}$ той индуктивности, которая была первоначальной. Для определения индуктивности, когда обе части были соединены указанным способом, мы сделали замеры. Получили следующие результаты:

эдс $\begin{Bmatrix} 214 \\ 212 \\ 210 \end{Bmatrix}$	$I \begin{Bmatrix} 10.7 \\ 10.6 \\ 10.5 \end{Bmatrix}$	$\omega = 880$	средние значения		
			E	I	ω
			212	10.6	880

отсюда $\left(\frac{E}{I}\right) = 20, \left(\frac{E}{I}\right)^2 = 400$ $R = 7.9$ ома
 $R^2 = 62.41$

$$\left(\frac{E}{I}\right)^2 - R^2 = 337.59 \quad \sqrt{\left(\frac{E}{I}\right)^2 - R^2} = 18.375.$$

$$L = \frac{18.375 \times 10^9}{880} \text{ см} = 20880682 \text{ см приблизительно} = 20881000 \text{ см.}$$

Индуктивность катушки, применяемой в обычном режиме, может тогда составить приблизительно 83524000 см.

Колорадо-Спрингс

15 ноября, 1899

Эксперименты со вторичным контуром генератора с целью определения емкости конструкции, а также емкости вторичного контура

Получили следующие показатели:

Только вторичный контур

Емкость в первичной цепи	Индуктивность в первичной цепи
$\frac{(8 \times 36)}{2} = 144$ бутылки = 0.1296 мкФ	$14 \frac{3}{4}$ витка + соединения

Вторичный контур с соединительным проводом, идущим к конструкции

$\frac{(8 \times 36)}{2} = 144$ бутылки = 0.1296 мкФ	$15 \frac{1}{4}$ витка + соединения
--	-------------------------------------

Вторичный контур с конструкцией, присоединенной к свободному выводу

$$\frac{(8 \times 36)}{2} = 144 \text{ бутылки} = 0.1296 \text{ мкФ} \quad 19 \text{ витков} + \text{соединения}$$

Эти показатели приблизительные.

Индуктивность первичной цепи в первом случае 51 000 см }
Индуктивность первичной цепи во втором случае 52 900 см }
Индуктивность первичной цепи в третьем случае 64 400 см }

Все эти показатели и, возможно, предыдущие подлежат проверке.

Зная значение индуктивности вторичной цепи, полученное в предыдущих замерах, равное 9 557 000 см, мы находим значение для C_{s1} , то есть только для емкости вторичной цепи:

$$T_{p1} = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{\frac{51\,000}{10^9} \times 0.1296} \quad C_{s1} = \frac{0.1296 \times 51\,000}{9\,557\,000} = \frac{0.1296 \times 51}{9\,557} \text{ мкФ.}$$

$$T_{s1} = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{\frac{9\,557\,000}{10^9} \times C_{s1}} \quad C_{s1} = \frac{9 \times 10^5 \times 0.1296 \times 51}{9\,557} = 622.23 \text{ см.}$$

Теперь обозначим емкость вторичной системы с соединительным проводом и с проводом плюс конструкция через C_{s2} и C_{s3} соответственно и, поскольку емкость в первичной цепи была во всех случаях неизменной, мы получаем:

$$C_{s1} : C_{s2} = 51\,000 : 52\,900 \text{ и } C_{s1} : C_{s3} = 51\,000 : 67\,400$$

и

$$C_{s2} = \frac{52\,900}{51\,000} \times 622.23 = \frac{529}{510} \times 622.53 = 645.41 \text{ см,}$$

отсюда находим емкость соединительного провода отдельно:

$$C_{s2} - C_{s1} = 645.41 - 622.23 = 23.18 \text{ см.}$$

Точно так же мы получаем:

$$C_{s3} = \frac{67\,400}{51\,000} C_{s1} = \frac{674}{510} \times 622.53 = 822.32 \text{ см,}$$

а отсюда можно найти емкость конструкции (фактическую емкость):

$$C_{s3} - C_{s2} = 822.32 - 645.41 = 176.91 \text{ см,}$$

так как

мы имеем

$$C_{s3} = \frac{674}{529} C_{s2} = \frac{674}{529} \times 645.41 = 818.54 \text{ см.}$$

Это значение соответствует тем, которые были получены прежде, и доказывает, что показания были весьма точными. Проверка тем не менее свидетельствует о том, что этот метод определения емкости только тогда позволяет получать правильное значение, когда распределенная емкость совсем ничтожна. Эта особенность уже отмечена.

Колорадо-Спрингс

16 ноября, 1899

Продолжение экспериментов по исследованию влияния высоты подъема на емкость системы, соединенной с землей

Использовали новую катушку, намотанную на барабан диаметром 14", длиной 8 футов. Сделали 344 витка проводом № 10. Зная, что у другой катушки с 346 витками индуктивность была чуть более 6 000 000 см, не будет большой ошибкой определить индуктивность новой катушки этой же величиной.

В описываемых здесь экспериментах был применен провод № 12 длиной 15 метров. Цель исследований – уточнение емкости провода, который служит для соединения с катушкой. Были получены следующие результаты измерений:

Отдельно катушка без вертикального провода

Емкость в первичной цепи	Индуктивность в первичной цепи
36/2 = 18 бутылок = 0.0162 мкФ	4 ¹³ / ₁₆ витка + соединения

Катушка с вертикальным проводом № 12 длиной 15 метров

36/2 = 18 бутылок = 0.0162 мкФ	14 ³ / ₄ витка + соединения.
--------------------------------	--

Индуктивность в первичной цепи в первом случае была 14 530 см. Во втором случае 51 000 см приблизительно.

При условии, что C_{s1} и C_{s2} опять обозначают емкость возбужденной системы в первом и втором случаях соответственно, по аналогии с предыдущими экспериментами мы имеем:

$$C_{s1} = \frac{\frac{14\,530}{10^9} \times 0.0162}{\frac{6\,000\,000}{10^9}} = \frac{14\,530 \times 0.0162}{6 \times 10^6} \text{ мкФ.}$$

$$C_{s1} = \frac{9 \times 14530 \times 0.0162 \times 10^5}{6 \times 10^6} = 35.3 \text{ см.}$$

Так как емкость в первичной цепи была одинаковой в обоих экспериментах, мы имеем:

$$C_{s1} : C_{s2} = 14530 : 51000 \text{ и } C_{s2} = \frac{5100}{1453} C_{s1} = \frac{5100}{1453} \times 35.3 = 121.15 \text{ см,}$$

отсюда находим емкость только провода:

$$C_{s2} - C_{s1} = 121.15 - 35.3 = 85.85 \text{ см.}$$

Это реальная, или эффективная емкость провода, который мы использовали с катушкой. Но расчетную емкость можно найти как

$$C = \frac{l}{2 \log_e \frac{l}{r}},$$

где $l = 15 \text{ метров} = 1500 \text{ см}$ $\frac{l}{r} = 7308$

$$r = 0.08081'' = 0.20526 \text{ см}$$

$$\log_e \frac{l}{r} = 3.863799 \times 2.3 = 8.887$$

$$C = \frac{1500}{2 \times 8.887} = \frac{1500}{17.774} = 84.4 \text{ см.}$$

Согласно этой оценке фактическая емкость превышает расчетную лишь на 1.7% приблизительно.

Колорадо-Спрингс

17 ноября, 1899

Эксперименты с целью выяснения емкости вертикального провода различной длины

Мы использовали катушку с 344 витками, провод № 10, длина 8 футов, на барабане диаметром 14". Нам предстояло проверить провод № 12 длиной 15 метров. Сначала мы, как обычно, присоединили полную длину к свободному выводу возбужденной катушки, а затем отрезали каждый раз по 3 метра и

проводили настройку первичного контура. Результаты приводятся ниже:

Емкость в первичной цепи	Длина вертикального провода	Индуктивность в первичной цепи
22/2 = 11 бутылок = 0.0099 мкФ	15 метров	21 1/2 витка + соединения
22/2 = 11 бутылок = 0.0099 мкФ	12 метров	19 витков + соединения
22/2 = 11 бутылок = 0.0099 мкФ	9 метров	16 1/4 витка + соединения
		17
22/2 = 11 бутылок = 0.0099 мкФ	6 метров	13 3/4 витка + соединения
		13 5/8
22/2 = 11 бутылок = 0.0099 мкФ	3 метра	10 1/2 витка + соединения
		7 3/8 витка + соединения

Приблизительные расчеты на основе вышеприведенных показателей:

Будем считать, что индуктивность катушки, имеющей 344 витка, составляет $6 \times 10^6 \text{ см}$, но это всё же требует подтверждения путем точных измерений. Индуктивность первичной цепи без присоединенного провода определяли по $7 \frac{3}{8}$ витка + соединения = 23157 см. Присоединение 3 метров давало $10 \frac{1}{2}$ витка + соединения = 34642 см. Исходя из этого и обозначив через C_{s1} и C_{s2} емкости возбужденной системы в двух случаях, соответственно, мы получаем:

$$T_{p1} = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{0.0099 \times \frac{23157}{10^9}} \quad C_{s1} = \frac{0.0099 \times 23157}{6 \times 10^6} \text{ мкФ, или в сантиметрах:}$$

$$T_{s1} = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{\frac{6 \times 10^6}{10^9} C_{s1}} \quad C_{s1} = \frac{9 \times 0.0099 \times 23157}{60} = 34.386 \text{ см,}$$

$$T_{p2} = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{0.0099 \times \frac{34642}{10^9}}$$

$$T_{s2} = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{\frac{6 \times 10^6}{10^9} C_{s2}}$$

а поскольку емкость в первичной цепи была в обоих случаях одинакова, то

$$C_{s2} = \frac{34642}{23157} C_{s1} = \frac{34642}{23157} \times 34.386 = 51.44 \text{ см.}$$

Величина эффективной емкости первых трех метров провода была, следовательно, равна $C_{s2} = C_{s1} = 51.44 - 34.386 = 17.054$ см.

Обозначим теперь через C_{s3} емкость возбужденной системы при условии, что к ней присоединен провод длиной 6 метров, и, так как в этом случае индуктивность первичной цепи составляла $13 \frac{3}{4}$ витка + соединения = 47154 см, мы получаем: $C_{s2} = \frac{47154}{23157} C_{s1} = \frac{47154}{23157} \times 34.386 = 70.02$ см.

Значит, величина фактической емкости второго отрезка провода длиной 3 метра равна

$$C_{s3} - C_{s2} = 70.02 - 51.44 = 18.58 \text{ см}$$

Далее, в случае, когда было присоединено 9 метров провода, индуктивность первичной цепи составляла $16 \frac{1}{4}$ витка + соединения = 56779 см. Пусть C_{s4} обозначает соответствующую емкость возбужденной системы, тогда

$$\text{мы имеем: } C_{s4} = \frac{56779}{23157} \times 34.386 = 84.307 \text{ см,}$$

отсюда находим фактическое значение 3-го отрезка длиной 3 метра:

$$C_{s4} - C_{s3} = 84.307 - 70.02 = 14.287 \text{ см.}$$

Примечание. В другой серии замеров с 9 метрами индуктивность первичной цепи оказалась равной: 17 витков + соединения = 59665 см и, исходя из этого, получаю: $C_{s4} = \frac{59665}{23157} \times 34.386 = 88.597$ см. В соответствии с этим фак-

тическая емкость 3-го отрезка длиной 3 метра будет, таким образом, равна

$$C_{s4} - C_{s3} = 88.597 - 70.02 = 18.577 \text{ см.}$$

Когда мы присоединили 12 метров провода, индуктивность первичной цепи оказалась равной 19 виткам + соединения = 67367 см. Следовательно, подобным же образом находим $C_{s5} = \frac{67367}{23157} \times 34.386 = 106.034$ см, и отсюда на-

ходим значение для 4-го отрезка провода $C_{s5} - C_{s4} = 106.034 - 84.307 = 15.727$ см. Но в соответствии со вторым замером она должна быть лишь

$$100.034 - 88.397 = 11.437 \text{ см.}$$

Наконец, когда присоединили 15 метров, индуктивность в первичной цепи была равна $21 \frac{1}{2}$ витка + соединения = 73142 см, и отсюда

$$C_{s6} = \frac{73142}{23157} \times 34.386 = 108.609 \text{ см, и теперь мы получим значение для последнего}$$

отрезка длиной в 3 метра, равное лишь

$$C_{s6} - C_{s5} = 108.609 - 100.034 = 8.575 \text{ см.}$$

Возможно, здесь начинает заявлять о себе индуктивность провода. Все эти полученные результаты необходимо тем не менее обдумать.

Колорадо-Спрингс 18 ноября, 1899

Были продолжены эксперименты по уточнению влияния высоты подъема на емкость системы, соединенной с землей, как и в предыдущих опытах. Опять использовали упоминавшуюся ранее катушку с 344 витками. А также вертикальный провод № 10 длиной 50 футов и шар диаметром 30". Процесс протекал так же, как и в предыдущем опыте. Были получены следующие результаты:

Катушка без вертикального провода

Емкость в первичной цепи	Индуктивность в первичной цепи
$36/2 = 18$ бутылок = 0.0162 мкФ	$4 \frac{13}{16}$ витка + соединения

Катушка с вертикальным проводом № 10 длиной 50 футов

$36/2 = 18$ бутылок = 0.0162 мкФ	$14 \frac{3}{4}$ витка + соединения
----------------------------------	-------------------------------------

Катушка с шаром диаметром 30", подтянутым по вертикальному проводу

Емкость в первичной цепи	Расстояние от центра шара до земли	Индуктивность в первичной цепи
$36/2 = 18$ бутылок = 0.0162 мкФ	10' 1"	$16 \frac{1}{4}$ витка+соединения
$36/2 = 18$ бутылок = 0.0162 мкФ	33' 8"	$16 \frac{7}{16}$ витка+соединения
$36/2 = 18$ бутылок = 0.0162 мкФ	57' 3"	$16 \frac{5}{8}$ витка + соединения

На основе этих показаний мы получаем следующие результаты: в первом эксперименте, без провода, индуктивность в первичной цепи была равна: $4 \frac{13}{16}$ витка + соединения = 14526 см. Опять обозначим через C_{s1} емкость возбужденной системы и получаем:

$$C_{s1} = \frac{0.0162 \times 14526}{\frac{6 \times 10^6}{10^9}} \text{ мкФ,}$$

$$C_{s1} = \frac{0.0162 \times 14\,526 \times 9 \times 10^5}{6 \times 10^9} = 35\,298 \text{ см.}$$

Во втором случае с проводом длиной 50 футов, присоединенным к возбужденной системе и при условии, что емкость в первичной цепи составляла $14 \frac{3}{4}$ витка + соединения = 51004 см, мы имеем:

$$C_{s2} = \frac{51\,004}{14\,526} C_{s1} = \frac{51\,004}{14\,526} \times 35\,298 = 3.511 \times 35\,298 = 123\,931 \text{ см.}$$

Следовательно, емкость провода равна

$$C_{s2} - C_{s1} = 123.93 - 35.298 = 88.632 \text{ см.}$$

Далее, при наименьшей высоте подъема шара емкость в первичной цепи оставалась прежней, а индуктивность составляла $16 \frac{1}{4}$ витка + соединения = 56779 см. Отсюда

$$C_{s3} = \frac{56\,779}{14\,526} C_{s1} = 3.9088 \times 35\,298 = 137\,973 \text{ см.}$$

Исходя из этого, эффективное значение для шара на высоте 10' 1" равно

$$C_{s3} - C_{s2} = 137.973 - 123.931 = 14.042 \text{ см.}$$

С шаром на высоте 33' 8" индуктивность в первичной цепи составляла 57502 см, а на высоте 57' 3" = 58223 см. Так как емкость в первичной цепи оставалась неизменной, можно сразу же найти значения для C_{s4} и C_{s5} соответственно:

$$C_{s4} = \frac{57\,502}{56\,779} C_{s3} \text{ и } C_{s5} = \frac{58\,223}{56\,779} C_{s3},$$

следовательно, отсюда получаем:

$$C_{s4} = 1.0127 \times 137.973 = 139.725 \text{ см и}$$

$$C_{s5} = 1.02543 \times 137.973 = 141.482 \text{ см.}$$

Эффективная величина емкости шара на высоте 33' 8" составила $C_{s4} - C_{s2} = 139.725 - 123.931 = 15.794$ см, а на высоте 57' 3" $C_{s5} - C_{s2} = 141.482 - 123.931 = 17.551$ см.

Из этих результатов явствует, что подъем от минимальной позиции до максимальной дает прирост около 25% в целом, или 0.53 % на один фут подъема. Эти замеры были проведены не в самых лучших условиях.

Колорадо-Спрингс

19 ноября, 1899

Для проведения дальнейших исследований влияния высоты подъема на емкость той же системы был подготовлен цилиндр из тонколистового железа диаметром 4", состоящий из секций длиной по 2 метра каждая; всего было 7 секций. Отдельные трубы вставлялись одна в другую таким образом, чтобы каждый раз при удалении одной общая длина уменьшалась ровно на два метра. Цилиндр укреплен вертикально над экспериментальной катушкой при помощи троса, отходящего от деревянной опоры, описанной в предыдущих опытах; мы обычно начинали эксперименты с трубой полной длины и после каждой настройки убирали один отрезок. Замеры дали следующие результаты:

Емкость в первичной цепи	Индукция в первичной цепи	Длина цилиндра
$(2 \times 36) / 2 = 36$ бутылок = = 0.0324 мкФ	$10 \frac{3}{4}$ витка + соединения	14 метров
$(2 \times 36) / 2 = 36$ бутылок = = 0.0324 мкФ	$9 \frac{7}{8}$ витка + соединения	12 метров
$(2 \times 36) / 2 = 36$ бутылок = = 0.0324 мкФ	$8 \frac{3}{4} + \frac{1}{16}$ витка + соединения	10 метров
$(2 \times 36) / 2 = 36$ бутылок = = 0.0324 мкФ	$7 \frac{13}{16}$ витка + соединения	8 метров
$(2 \times 36) / 2 = 36$ бутылок = = 0.0324 мкФ	$6 \frac{11}{16}$ витка + соединения	6 метров
$(2 \times 36) / 2 = 36$ бутылок = = 0.0324 мкФ	$5 \frac{5}{16}$ витка + соединения	4 метра
$(2 \times 36) / 2 = 36$ бутылок = = 0.0324 мкФ	$3 \frac{3}{4}$ без $\frac{1}{32}$ витка + соединения	2 метра
$(2 \times 36) / 2 = 36$ бутылок = = 0.0324 мкФ	$1 \frac{3}{8} + \frac{1}{16}$ витка + соединения	0 метров

Эти результаты необходимо просчитать.

Примечание. Применявшаяся катушка имела 344 витка, барабан диаметром 14", длиной 8 футов.

Колорадо-Спрингс

20 ноября, 1899

Провели повторные эксперименты с катушкой (344 витка) по определению влияния высоты подъема на емкость системы, которую использовали ранее.

Получили следующие результаты:

Катушка отдельно

Емкость в первичной цепи Индуктивность в первичной цепи
(2 × 36)/2 = 36 бутылок = 0.0324 мкФ 1 ³/₈ витка + соединения

Катушка с вертикальным проводом № 10 длиной 50 футов

(2 × 36)/2 = 36 бутылок = 0.0324 мкФ 8 ¹/₁₆ витка + соединения

Опыты с шаром диаметром 30"

Емкость в первичной цепи	Расстояние от центра шара до земли	Индуктивность в первичной цепи
(2 × 36)/2 = 36 бутылок = 0.0324 мкФ	10' 1"	8 ⁷ / ₈ + соединения
(2 × 36)/2 = 36 бутылок = 0.0324 мкФ	33' 8"	9 + соединения
(2 × 36)/2 = 36 бутылок = 0.0324 мкФ	57' 3"	9 ¹ / ₈ + соединения

Отсюда следует:

Когда исследовалась только катушка, индуктивность первичной цепи имела значение 1 ³/₈ витка + соединения = 7121 см. Считая, что индуктивность катушки = 6 × 10⁶ см, мы, по аналогии с предыдущим, имеем

$$C_{s1} = \frac{0.0324 \times 7121}{6 \times 10^6} \text{ мкФ, или } C_{s1} = \frac{9 \times 10^5 \times 0.0324 \times 7121}{6 \times 10^6} = 34.61 \text{ см}$$

это чуть меньше, чем получено ранее.

А во втором опыте, с проводом, присоединенным к колебательной системе, индуктивность была 8 ¹/₁₆ витка + соединения = 25472 см. Так как емкость была постоянной, мы, как и ранее, находим

$$C_{s2} = \frac{25472}{7121} C_{s1} = 3.577 \times 34.61 = 123.7999 \text{ см,}$$

отсюда вытекает емкость провода отдельно:

$$C_{s2} - C_{s1} = 123.7999 - 34.61 = 89.19 \text{ см.}$$

Когда шар был на высоте 10' 1", индуктивность составляла 8 ⁷/₈ витка + соединения = 28389 см; в срединной позиции 9 + ¹/₈ витка + соединения = 29351 см. Отсюда получаем следующие данные:

$$C_{s3} = \frac{28389}{7121} C_{s1} = \frac{28389}{7121} \times 34.61 = 3.98666 \times 34.61 = 137.9783 \text{ см}$$

$$C_{s4} = \frac{28870}{7121} C_{s1} = 4.054 \times 34.61 = 140.301 \text{ см и}$$

$$C_{s5} = \frac{29351}{7121} C_{s1} = 4.1218 \times 34.61 = 142.6555 \text{ см.}$$

Фактическая емкость шара на минимальной высоте составила:

$$C_{s3} - C_{s2} = 137.9783 - 123.7999 = 14.1784 \text{ см.}$$

В срединной позиции:

$$C_{s4} - C_{s2} = 140.301 - 123.7999 = 16.5011 \text{ см}$$

и на максимальной высоте:

$$C_{s5} - C_{s2} = 142.6555 - 123.7999 = 18.8556 \text{ см.}$$

Следовательно, от минимальной высоты подъема до максимальной прирост составил около 33%, или почти 0,7% на фут, или 70% на 100 футов.

Колорадо-Спрингс

21 ноября, 1899

Продолжили исследования о влиянии высоты подъема на емкость. Воспользовались той же катушкой с намоткой из 344 витков на барабане диаметром 14", длиной 8 футов. Цель исследований – определение относительной емкости провода в вертикальной и горизонтальной позициях. Применили провод № 14 длиной 10 метров. Получили следующие результаты.

Катушка с проводом в вертикальном положении при расстоянии 8' 8" от земли до нижнего конца:

Емкость в первичной цепи Индуктивность в первичной цепи
22/2 = 11 бутылок = 0.0099 мкФ 17 ¹/₂ витка + соединения

Катушка с тем же проводом в горизонтальном положении на высоте 8' 8" от земли:

22/2 = 11 бутылок = 0.0099 мкФ 18 витков + соединения

Затем мы изменили емкость в цепи возбуждения и опять сделали замеры, получили следующие результаты.

Катушка с проводом в вертикальном положении повторно:

Емкость в первичной цепи Индуктивность в первичной цепи
2 × 36/2 = 36 бутылок = 6 ⁵/₈ витка + соединения
= 0.0324 мкФ

Катушка с тем же проводом в горизонтальном положении повторно:

$$2 \times 36/2 = 36 \text{ бутылок} = 0.0324 \text{ мкФ} \quad 6 \frac{3}{4} \text{ витка} + \text{соединения}$$

Определение величины емкости на основе вышеприведенных показателей:

Первая серия замеров. Провод в вертикальном положении:

Индуктивность в первичной цепи составляла $17 \frac{1}{2}$ витка + соединения = 61592 см, а с проводом в горизонтальном положении 18 витков + соединения = 63517 см. Поскольку во всех предыдущих опытах емкость самой катушки была примерно равна 35 см = C_{s1} , мы определяем емкость провода в вертикальном и горизонтальном положениях.

Провод в горизонтальном положении:

$$C_{s2} = \frac{0.0099 \times 63517}{6 \times 10^6} \text{ мкФ, или } C_{s2} = \frac{0.0891 \times 63517}{60} \text{ см} = 94.32 \text{ см,}$$

а отсюда получаем емкость провода в горизонтальном положении

$$C_{s2} - C_{s1} = 94.32 - 35.00 = 59.32 \text{ см.}$$

Провод в вертикальном положении:

$$C'_{s2} = \frac{0.0099 \times 61592}{6 \times 10^6} \text{ мкФ, или } \frac{0.0891 \times 61592}{60} \text{ см} = 91.464 \text{ см,}$$

а это дает емкость провода в вертикальном положении:

$$C'_{s2} - C_{s1} = 91.464 - 35.00 = 56.464 \text{ см или чуть меньше.}$$

Вторая серия замеров. Провод вертикально:

Индуктивность в первичной цепи была $6 \frac{5}{8}$ витка + соединения = 20631 см. Следовательно,

$$C''_{s2} = \frac{0.0324 \times 20631}{6 \times 10^6} \text{ мкФ, или } \frac{0.2916 \times 20631}{60} \text{ см} = 100.26 \text{ см,}$$

а это значит, что в этом случае величина емкости только в проводе равна

$$C''_{s2} - C_{s1} = 100.26 - 35 = 65.26 \text{ см.}$$

Провод горизонтально:

Индуктивность в первичной цепи была $6 \frac{3}{4}$ витка + соединения = 21052 см, следовательно,

$$C''_{s2} = \frac{0.0324 \times 21052}{6 \times 10^6} \text{ мкФ, или } \frac{0.2916 \times 21052}{60} \text{ см} = 102.31 \text{ см,}$$

тогда емкость провода в горизонтальном положении будет равна

$$C''_{s2} - C_{s1} = 102.31 - 35 = 67.31 \text{ см.}$$

Эти показатели значительно расходятся, чего быть не должно.

Необходимо перепроверить.

Колорадо-Спрингс

22 ноября, 1899

Измерение малых емкостей резонансным методом

Этот метод подходит для определения емкостей слишком малой величины, чтобы их можно было легко измерить другими способами. Опять использовали катушку с 344 витками, о которой уже говорилось.

Результаты:

Только катушка с коротким отрезком толстого провода, присоединенным к свободному выводу

Емкость в первичной цепи	Индуктивность в первичной цепи
$(2 \times 36)/2 = 36$ бутылок = 0.0324 мкФ	$1 \frac{1}{2}$ витка + соединения

Катушка с лампой накаливания в 16 свечей на 100 В с двумя нитями накаливания, присоединенной к короткому толстому проводу

$$(2 \times 36)/2 = 36 \text{ бутылок} = 0.0324 \text{ мкФ} \quad 1 \frac{19}{32} \text{ витка} + \text{соединения}$$

Это исследование позволило получить представление о емкости (фактической) лампы. В соответствии с подготовленной таблицей, индуктивность первичной цепи в первом случае была 7314 см, а во втором 7458 см. Отсюда следует:

$$C_{s1} = \frac{0.0324 \times 7314}{6 \times 10^6} \text{ мкФ, или } C_{s1} = \frac{0.2916 \times 7314}{60} \text{ см} = 35.546 \text{ см}$$

$$C_{s2} = \frac{0.0324 \times 7458}{6 \times 10^6} \text{ мкФ, или } C_{s2} = \frac{0.2916 \times 7458}{60} \text{ см} = 36.246 \text{ см.}$$

Здесь C_{s1} и C_{s2} обозначают емкость системы без лампы и с лампой, соответственно. Следовательно, реальная, или фактическая, емкость лампы в этой системе составила

$$C_{s2} - C_{s1} = 36.246 - 35.546 = 0.7 \text{ см.}$$

Можно также получить примерное значение емкости короткого отрезка толстого провода, служащего для присоединения малых объемов, емкость которых требуется определить. То есть, если емкость возбужденной системы отдельно мы ранее определили равной примерно 35 см, то емкость провода может составить

$$35.546 - 35.000 = 0.546 \text{ см.}$$

Колорадо-Спрингс

23 ноября, 1899

Продолжали делать замеры малых емкостей, применяя резонансный метод и описанный выше способ определения максимального нарастания с помощью очень короткой цепи.

Опять использовали катушку с намоткой из 344 витков, и чтобы получить более точные показания на регулировочной катушке индуктивности в первичной цепи, мы уменьшили ее емкость. Результаты таковы:

1.

Катушка с коротким толстым проводом отдельно, повторение опыта

Емкость в первичной цепи	Индуктивность в первичной цепи
$36/2 = 18$ бутылок = 0.0162 мкФ	$4^{13/16}$ витка + соединения

2.

Катушка с лампой, повторение опыта

$36/2 = 18$ бутылок = 0.0162 мкФ	$4^{15/16}$ витка + соединения
----------------------------------	--------------------------------

3.

Катушка и та же лампа с нарушенной герметизацией

$36/2 = 18$ бутылок = 0.0162 мкФ	$4^{31/32}$ витка + соединения
----------------------------------	--------------------------------

Примечание. Любопытное явление – возросшая емкость, вероятно, обусловлена абсорбцией.

4.

Катушка с одной из моих рентгеновских трубок, описанных в статьях для E.R. [Electrical Review]

$36/2 = 18$ бутылок = 0.0162 мкФ	$5^{1/8}$ витка + соединения
----------------------------------	------------------------------

5.

Катушка с «двухфокусной трубкой» с присоединенной мишенью

$36/2 = 18$ бутылок = 0.0162 мкФ	$5^{1/16}$ витка + соединения
----------------------------------	-------------------------------

6.

Катушка с той же трубкой, подключен один из электродов

$36/2 = 18$ бутылок = 0.0162 мкФ	$5^{3/32}$ витка + соединения
----------------------------------	-------------------------------

Примечание. В ходе испытаний эти трубки во всех случаях производили весьма сильное излучение.

7.

Катушка с трубкой Ленарда с одним выводом, описание которой дано мной в E.R. [Electrical Review]; разрежение недостаточное, стримеры проходят внутри трубки

$36/2 = 18$ бутылок = 0.0162 мкФ	5 витков + соединения
----------------------------------	-----------------------

Теперь по этим замерам можно определить емкость.

Обозначим индуктивность первичной цепи в каждом последующем эксперименте через $L_1, L_2, L_3, L_4, L_5, L_6$ и L_7 , соответственно, и, опираясь на составленную таблицу, мы имеем:

$L_1 = 4^{13/16}$ витка + соединения = 14526 см	Далее, обозначив соответствующие емкости возбужденной системы через $C_{s1} \dots C_{s7}$, мы можем сразу же найти все эти значения по C_{s1} , поскольку $C_{s2} = (L_2/L_1)C_{s1}$, $C_{s3} = (L_3/L_1)C_{s1}$ и т.д.
$L_2 = 4^{15/16}$ витка + соединения = 14947 см	
$L_3 = 4^{31/32}$ витка + соединения = 15053 см	
$L_4 = 5^{1/8}$ витка + соединения = 15579 см	
$L_5 = 5^{1/16}$ витка + соединения = 15368 см	
$L_6 = 5^{3/32}$ витка + соединения = 15473 см	
$L_7 = 5$ витков + соединения = 15158 см	

Теперь, по аналогии с прежними расчетами такого рода, мы получаем:

$$C_{s1} = \frac{0.0162 \times L_1}{6 \times 10^6} \text{ мкФ, или } C_{s1} = \frac{0.0162 \times 14526 \times 9 \times 10^5}{6 \times 10^6} = 35.298 \text{ см.}$$

Возьмем приближенное значение для $C_{s1} = 35.3$ см и получаем:

$C_{s2} = (L_2/L_1)C_{s1} = (14947/14526)C_{s1} = 1.029 \times 35.3 = 36.324$ см
$C_{s3} = (L_3/L_1)C_{s1} = (15053/14526)C_{s1} = 1.0363 \times 35.3 = 36.58$ см
$C_{s4} = (L_4/L_1)C_{s1} = (15579/14526)C_{s1} = 1.0725 \times 35.3 = 37.859$ см
$C_{s5} = (L_5/L_1)C_{s1} = (15368/14526)C_{s1} = 1.058 \times 35.3 = 37.347$ см
$C_{s6} = (L_6/L_1)C_{s1} = (15473/14526)C_{s1} = 1.0652 \times 35.3 = 37.6$ см
$C_{s7} = (L_7/L_1)C_{s1} = (15158/14526)C_{s1} = 1.0435 \times 35.3 = 36.8355$ см

Из этих значений вытекает:

Фактическая емкость в эксперименте с лампой	$2 = C_{s2} - C_{s1} = 36.324 - 35.3 = 1.024$ см
Фактическая емкость лампы с нарушенной герметизацией	$3 = C_{s3} - C_{s1} = 36.58 - 35.3 = 1.28$ см
Емкость моей экспериментальной рентгеновской трубки	$4 = C_{s4} - C_{s1} = 37.859 - 35.3 = 2.559$ см
Емкость двухфокусной трубки с присоединенной мишенью	$5 = C_{s5} - C_{s1} = 37.347 - 35.3 = 2.047$ см
Емкость двухфокусной трубки с подсоединением на электрод	$6 = C_{s6} - C_{s1} = 37.6 - 35.3 = 2.3$ см
Емкость двойной трубки Ленарда с указанными характеристиками	$7 = C_{s7} - C_{s1} = 36.8355 - 35.3 = 1.5355$ см

Колорадо-Спрингс

24 ноября, 1899

Провели испытание с целью проверки, насколько близко таблица индуктивности, составленная по данным замеров, соответствует значениям, полученным резонансным методом. Процесс протекал следующим образом: опять использовали пригодную для этого испытания катушку с 344 витками на барабане диаметром 14" и длиной 8 футов и привели ее в состояние возбуждения описанным ранее способом. Чтобы создать иное соотношение между емкостью и индуктивностью первичной цепи, мы каждый раз меняли эти константы и осуществляли полную настройку, пока на выводе или выводах возбужденной катушки не наступал максимальный подъем. Так как период системы оставался в каждом случае неизменным, показатели емкости и индуктивности в первичной цепи также оставались постоянными. Таким образом, если емкости в первичной цепи в последующих экспериментах известны или точно замерены, то различные значения индуктивности в первичной цепи определяются из соотношения

$$L_1 C_1 = L_2 C_2 = L_3 C_3 = \text{и т.д.}$$

$$\text{Период вторичной системы равен } T_s = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{LC_{s1}}.$$

Исходя из того, что индуктивность катушки с намоткой из 344 витков равна примерно 6×10^6 см, а среднее значение для C_{s1} по результатам нескольких замеров с различными показаниями индуктивности и емкости в первичной цепи равно 34.9 см, мы получаем, таким образом, период вторичной, или возбужденной, цепи.

Далее показание снимали случайным образом, а резонанс получали при следующих константах в первичной цепи:

Емкость в первичной цепи	Индуктивность в первичной цепи
$36/2 = 18$ бутылок = 0.0162 мкФ	$4 \frac{13}{16}$ витка + соединения

Отсюда получили период первичной цепи:

$$T_p = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{0.0162 \times L}, \text{ где } L - \text{индуктивность первичной цепи.}$$

Зная, что $T_p = T_s$, или $0.0162 \times \frac{L}{10^9} = \frac{6 \times 10^6}{10^9} \times \frac{34.9}{9 \times 10^5}$, мы, пользуясь резонансным методом, находим L в сантиметрах:

$$L = \frac{6 \times 10^6 \times 34.9}{9 \times 10^5 \times 0.0162} = \frac{34.9 \times 6}{9 \times 0.0162} = \frac{698}{0.0486} = L = 14\,362 \text{ см.}$$

Далее используем данные таблицы:

Индуктивность $L =$ $= 4 \frac{13}{16}$ витка + соединения =	Индуктивность $4 \frac{1}{2}$ витка + соединения =
	$= 13\,474$ см
	Индуктивность 5 витков + соединения =
	$= 15\,158$ см
<hr/>	
	Индуктивность $\frac{1}{2}$ витка = 1\,684 см
	Индуктивность $\frac{1}{16}$ витка = 210.5 см

Индуктивность $\frac{5}{16}$ витка = $5 \times 210.5 = 1\,052$ см приблизительно.

Следовательно, индуктивность $L =$ индуктивности $\{4 \frac{1}{2} + \frac{5}{16}$ витка + соединения $\} = 4 \frac{13}{16}$ витка + соединения = $13\,474 + 1\,052 = 14\,526$ см.

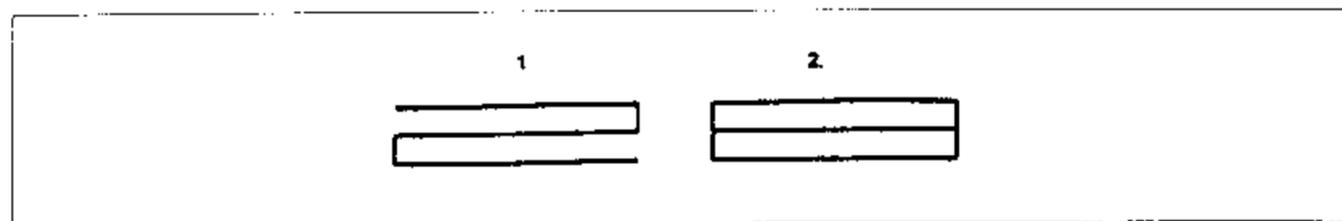
Совпадение почти полное, в пределах 1%. Это доказывает достоверность замеров.

Колорадо-Спрингс

25 ноября, 1899

Эксперимент был проведен с целью выяснения, как емкость одного и того же проводника может меняться при разном распределении

Эксперимент проведен следующим образом. Мы взяли два отрезка провода № 10 (с резиновой изоляцией) и один отрезок согнули зигзагообразно, чтобы получилась форма длиной один метр, состоящая из трех параллельных проводов.



Второй отрезок разделили на три части, каждая длиной 1 метр и соединили их концы. Понять различие между двумя отрезками провода, подготовленными таким образом, поможет эскиз, в котором № 1 иллюстрирует зигзагообразный провод, а № 2 провод, разрезанный на три части, соединенные параллельно. Распределение в обоих случаях отличалось коренным образом. Мы помещали эти конструкции поочередно на свободный вывод катушки с 344 витками, и каждый раз настраивали первичную цепь, пока не достигали резонанса. Провода помещали вертикально, в продолжение оси катушки.

Кроме того, был проведен эксперимент по настройке без доведения [системы] до основных колебаний, а до более высокой гармоники (до следующей октавы) первичной цепи. Результаты (с несколько измененными искровыми промежутками) были следующие:

Емкость в первичной цепи	Индуктивность в первичной цепи
$36/2 = 18 = 0.0162$ мкФ	$1 \frac{1}{8}$ витка + соединения
с параллельными проводами	
$36/2 = 18 = 0.0162$ мкФ	$1 \frac{1}{16}$ витка + соединения
с зигзагообразными проводами	

В итоге индуктивность первичной цепи в первом случае составляла 6736 см, а во втором случае 6635 см. Следовательно, если индуктивность оставалась практически одинаковой, то эффективная емкость зигзагообразного провода была меньше почти на 1.6 %.

Колорадо-Спрингс

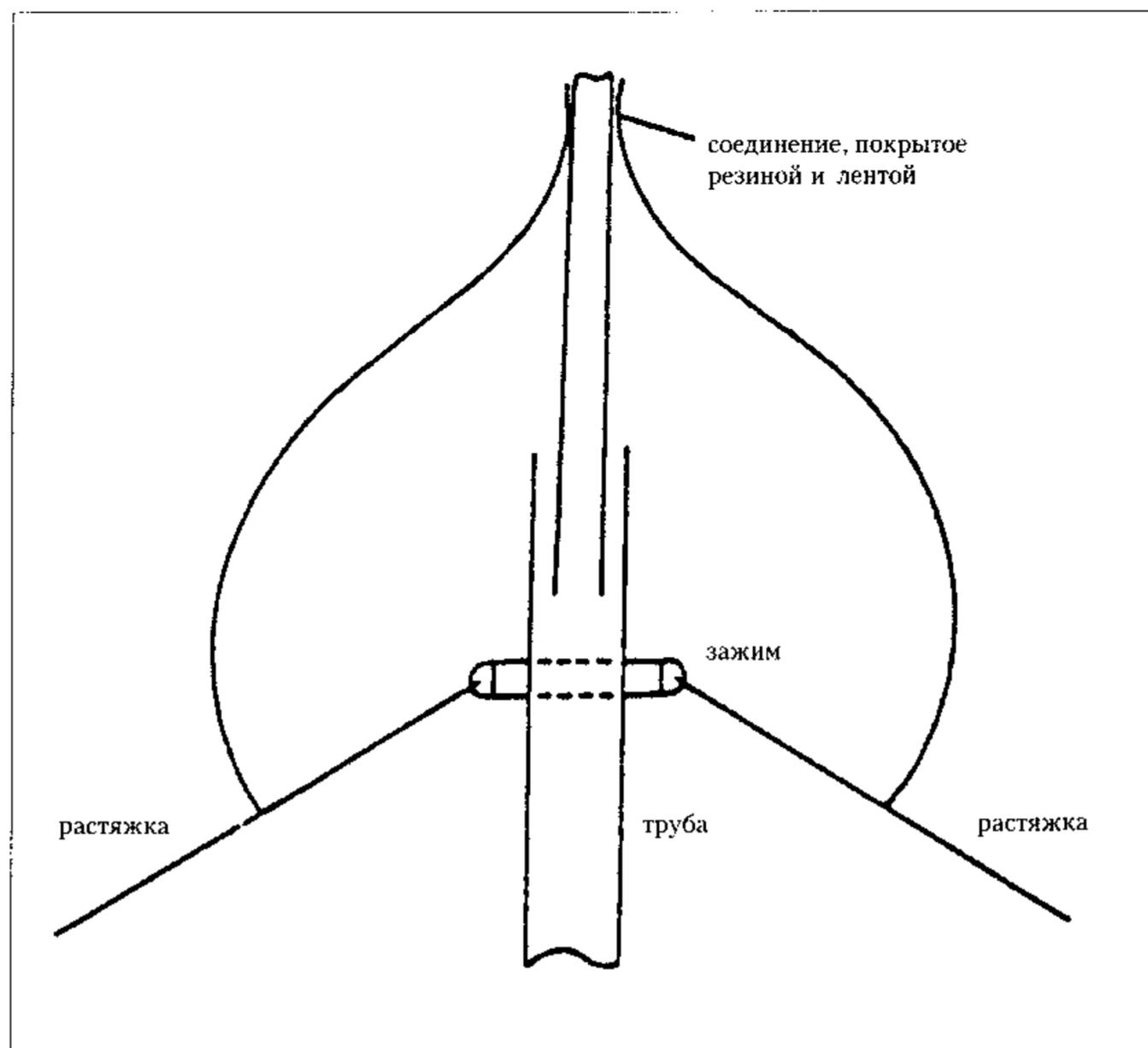
26 ноября, 1899

Определение емкости конструкции из железных труб усовершенствованным методом, описанным выше

Примечание. Первоначально, для предупреждения раскачивания, конструкция поддерживалась 8 расходящимися в стороны штангами на высоте около 80 футов, при этом в конец каждой штанги была вставлена бутылка толстого стекла из-под шампанского. Горлышки бутылок упирались в железную мачту и препятствовали раскачиванию. Мы обмотали горлышки лентой, что уменьшало для них риск быть разбитыми. Это устройство было достаточно

надежным и могло выдержать бурю, но не позволяло поднимать напряжение выше определенной границы, так как разряды от железных труб проскакивали к штангам, в которых были закреплены бутылки. Чтобы исключить этот дефект, мы воспользовались уже давно найденным решением, которое состояло в сооружении конической крыши, или колпака (выполненных из двух частей), закругленных по периферии, чтобы снизить потери из-за утечки, и в закреплении четырех растяжек под крышей для предотвращения раскачивания и для устойчивости этой мачты.

Это превосходное устройство, так как искровые разряды не достигают его, а уходят в землю по растяжкам, закрепленным под крышей, где электрическое напряжение было крайне незначительным. Колпак имел следующие размеры: внешний диаметр 8 футов, диаметр малой окружности на периферии 9". Высота конической поверхности около $3 \frac{1}{2}$ фута. Растяжки протянуты к четырем углам здания и прикреплены к ним с помощью кабеля из ленточных



проводов, на который натянули шланг из очень толстой резины и намотали на три стеклянных изолятора, последние были укреплены на стойке, смонтированной в каждом углу. Мы сочли полезным основательно изолировать тросы, и для этого их с неделю вымачивали в льняном масле, после этого выварили и просушили на солнце. Тросы спускались под углом таким образом, что ближайшая точка колпака находилась на расстоянии двух футов. Такое устройство позволяло без труда доводить заряд мачты до миллиона вольт. Это самое лучшее из известных мне до сих пор приспособлений для закрепления тела, которое должно получить заряд такого высокого потенциала, которое необходимо, к примеру, при передаче информации на большие расстояния. Мы его уже использовали в течение нескольких недель, но замеры емкости конструкции, зафиксированные ранее, проводились без колпака. Теперь мы сняли показания с установленным колпаком и получили следующие результаты.

Катушка, имеющая 344 витка на барабане диаметром 14" с железной конструкцией, присоединенной к свободному выводу
 Емкость в первичной цепи Индуктивность в первичной цепи
 $(2 \times 36 + 12) / 2 = 84 / 2 = 42$ бутылок = 0.0378 мкФ $21 \frac{1}{8}$ витка + соединения

Катушка отдельно с соединительным проводом, отведенным от конструкции (4 фута)
 $(2 \times 36 + 12) / 2 = 84 / 2 = 42$ бутылок = 0.0378 мкФ 4 витка + соединения

Идем далее: согласно таблице индуктивности, которую мы ранее использовали, в первом случае индуктивность первичной цепи имела значение 75548 см, во втором случае 12319 см. Следовательно, емкость возбужденной системы в первом случае имела значение

$$C_{s1} = \frac{0.0378 \times 75548}{6 \times 10^6} \text{ мкФ, или } \frac{0.3402 \times 75548}{60} \text{ см} = C_{s1}$$

и подобным же образом $C_{s2} = \frac{0.3402 \times 12319}{60}$ см, где C_{s2} есть емкость возбужденной системы во втором эксперименте. Отсюда приходим к реальной, или эффективной, емкости конструкции с колпаком:

$$C_{s1} - C_{s2} = \frac{0.3402}{60} (75548 - 12319) \text{ см} = \frac{0.3402}{60} \times 63229 \text{ см} = 358.5 \text{ см.}$$

Еще раз определили эффективную емкость конструкции из железных труб с новым колпаком, используя резонансный метод. Применили новую

экстра-катушку, индуктивность которой была, как известно, 0.02 Гн. Получили следующие показания:

Емкость в первичной цепи	Индуктивность в первичной цепи
<i>Катушка с конструкцией и соединительный провод</i>	
$(5 \times 36 - 12) = 168$ бутылок = 0.1512 мкФ	$20 \frac{3}{8}$ витка + соединения
<i>Только катушка и соединительный провод на расстоянии 4 футов</i>	
$4 \times 36 = 144$ бутылки = 0.1296 мкФ	7 витков + соединения
Остальные замеры:	
50 бутылок = 0.045 мкФ	$17 \frac{1}{4}$ витка + соединения
40 бутылок = 0.036 мкФ	20 витков + соединения
38 бутылок = 0.0342 мкФ	$20 \frac{3}{4}$ витка + соединения
39 бутылок = 0.0351 мкФ	$\approx 20 \frac{3}{8}$ витка + соединения

Из этих данных следует:

Индуктивность в первичной цепи в первом случае, с конструкцией, была $20 \frac{3}{8}$ витка + соединения = 72661 см. Индуктивность в первичной цепи во втором случае, без конструкции, была 7 витков + соединения = 21894 см.

Обозначим эффективную емкость возбужденной системы в двух случаях через C_{s1} и C_{s2} , соответственно, и получаем:

$$C_{s1} = \frac{0.1512 \times 72661}{2 \times 10^7} \text{ мкФ, и } C_{s2} = \frac{0.1296 \times 21894}{2 \times 10^7},$$

следовательно, эффективная емкость конструкции с колпаком равна

$$C_{s1} - C_{s2} = \frac{0.1512 \times 72661 - 0.1296 \times 21894}{2 \times 10^7} = \frac{10986.3432 - 2837.4624}{2 \times 10^7} = \frac{8148.8808}{2 \times 10^7} \text{ мкФ, или } = \frac{9 \times 8148.8808}{2 \times 10^2} \text{ см} = 366.7 \text{ см.}$$

Найденная ранее емкость конструкции без колпака с использованием дополнительной катушки имела значение 311.2 см, значит для колпака отдельно мы получаем $366.7 - 311.2 = 55.5$ см. Из первого и второго замеров явствует, что емкости вторичной цепи в обоих случаях соотносились как 168/39.

Емкость же возбужденной системы в последнем замере была

$$C'_{s2} = \frac{0.0351 \times 77661}{2 \times 10^7} \text{ мкФ, или } C'_{s2} = 114.77 \text{ см,}$$

отсюда вытекает значение для $C'_{s1} = \frac{168}{39} \times 114.77 = 494.39 \text{ см,}$ поэтому $C'_{s1} - C'_{s2} = 494.39 - 114.77 = 379.62 \text{ см.}$

Это значение не вполне согласуется с ранее полученным, но в последнем случае настройка была не совсем точной.

Примечание. По-видимому, как теперь представляется, во всех предыдущих случаях, когда определяли показания для конструкции, настройку доводили до первой октавы, а не до основного тона. Если бы это было сделано, емкость была бы значительно больше.

Это обстоятельство требует уточнения.

7

КОЛОРАДО-СПРИНГС
ДНЕВНИКИ
1-31 ДЕКАБРЯ, 1899

Доработать:

11, 12, 13 декабря. Заявка о предоставлении полосы на тему о разделении газообразных смесей под воздействием разряда высокого напряжения от осциллятора.

17 декабря. Описание недавнего феномена на Пайкс-Пик во время лунного затмения.

Патентная записка.

Расширение использования емкости в искусстве и научных исследованиях.

definition of the term which seems to refer to the system
to my system device. I may explain improvements, especially
the matter of the kind of material to be used in the system of energy
for bringing the filament or wire just to a point where
its burning can be started by the stream. I would like
to say to a battery of constant voltage through the electric wire
producing the heat of the filament and the filament is
brought just enough to the required temperature. It will come
of higher energy supply for the secondary loop is then
sufficient to start the filament light. Then, the energy is
taken from the primary system and the load of the sec-
ondary is reduced and some very high voltage is obtained
for the experiment as it appears from the following diagram
the use of wires for through the
charging wire. The system is for
any material for being around
for any purpose as a battery.
In the present experiment the wire before described is 1210 turns
2.2 to 14 in diameter. It is fed by two wires the other



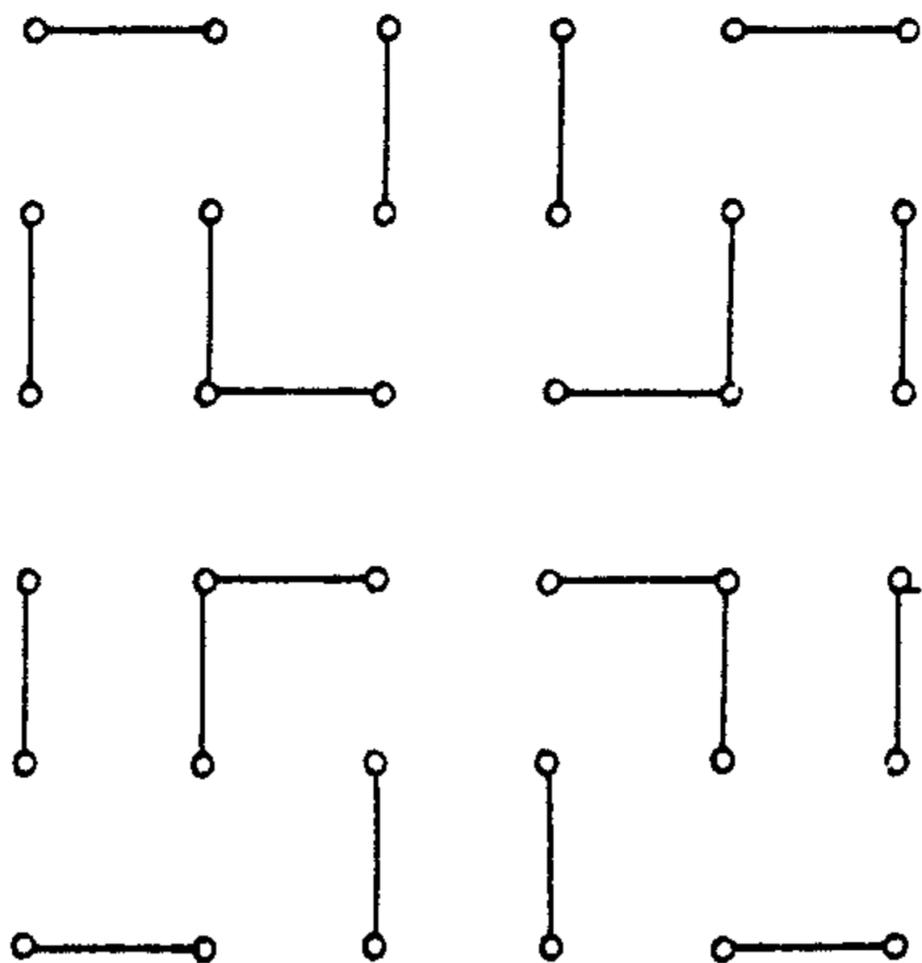
Колорадо-Спрингс

1 декабря, 1899

*Некоторые подробности относительно установки,
применяемой в настоящих экспериментах*

Способы соединения бутылок в двух камерах, которые часто назывались как «старые камеры», к ним обычно подсоединялись первичные провода и регулировочная катушка, и посредством которых мы добивались более точной регулировки емкости в первичной цепи, показаны на схеме.

Верхняя латунная пластина имеет 16 штекеров, расположенных на равных расстояниях в виде квадрата, и 36 бутылок в камере соединены медными пружинами, как показано, при этом каждый штекер позволял отключать и включать две бутылки, кроме четырех центральных, каждый из которых включал и отключал по три бутылки. Таким образом, минимальное варьирование емкости на одной стороне осуществлялось одной бутылкой, что составляло около 0.0009 мкФ. А при последовательном соединении двух серий этих камер оно достигалось половиной бутылки. С учетом большого числа бутылок



ДЕКАБРЬ, 1899

361

емкости в большинстве случаев были весьма незначительными. В новых камерах бутылки поделены на три группы по двенадцать в каждой.

*Замер длины всех соединений на комплектах конденсаторов
в первичной цепи:*

От верха правого конденсатора до прерывателя	$2' 5 \frac{1}{2}'' = 29.5''$
Транзит по колесу прерывателя и штанге	$2' 4 \frac{1}{2}'' = 28.5''$
От тыльной стороны до регулировочной катушки	$3' 10'' = 46''$
Вверх через второй прерыватель и штангу	$1' 10'' = 22''$
Соединение с левым конденсатором	$3' 7'' = 43''$
До низа левого конденсатора	$1' 8 \frac{1}{2}'' = 20.5''$
Соединение внизу между конденсаторами	$3' 6'' = 42''$
До верха правого конденсатора	$1' 8 \frac{1}{2}'' = 20.5''$

Суммарная длина соединений составляет, таким образом, $252'' = 641$ см, что близко или равно 21 футу. Одна часть соединений совпадала по сечению с кабелем в первичном контуре с радиусом 1 см, а другая часть имела меньшее сечение. Индуктивность, определенная методом резонансного анализа, составляет около 5000 см суммарно. Расчетная величина чуть больше.

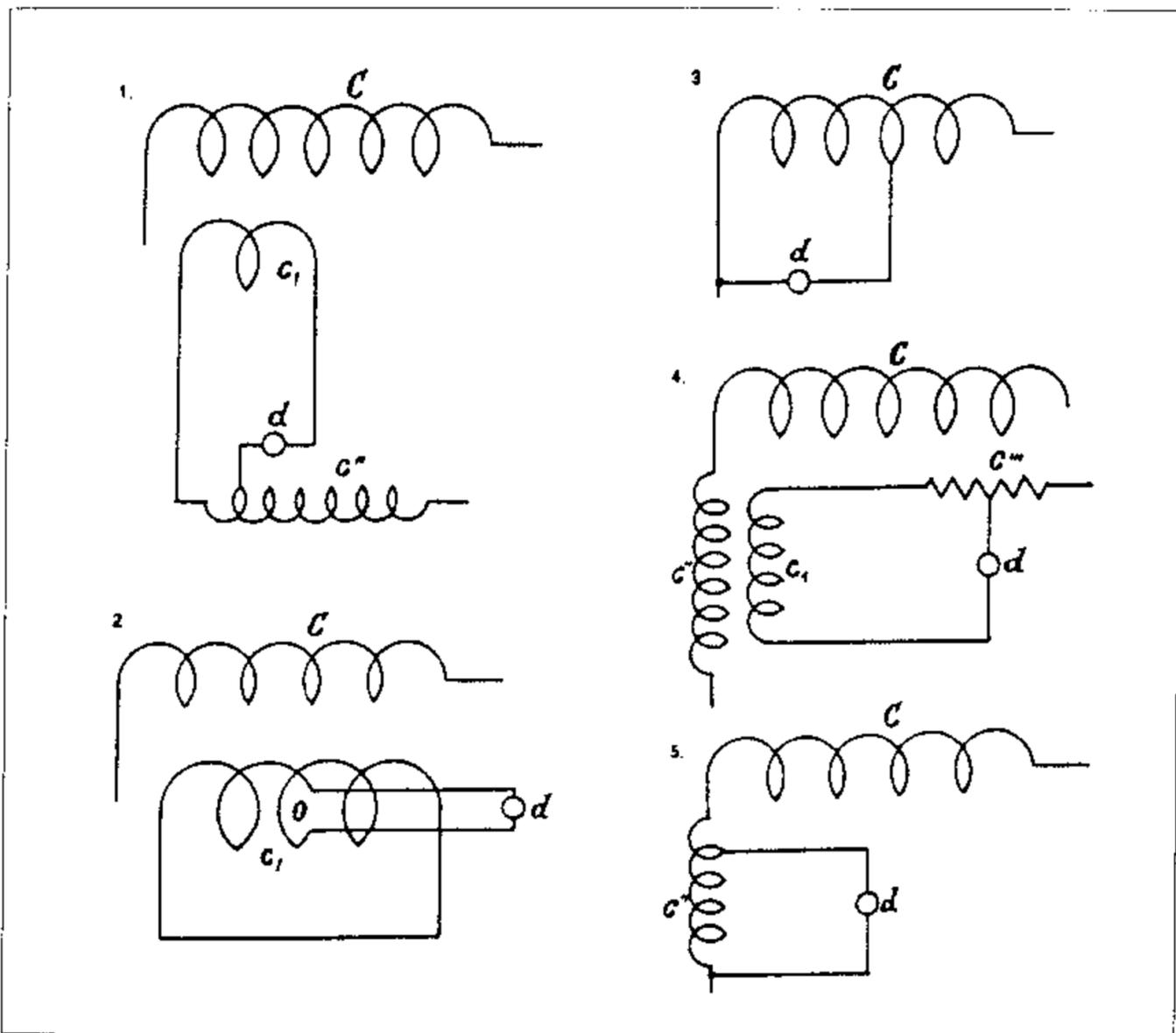
Колорадо-Спрингс

2 декабря, 1899

*Различные способы настройки цепей, или определение максимума
резонансного подъема*

В ходе нынешних экспериментов мы опробовали несколько способов, большинство из которых были описаны или, по крайней мере, упомянуты, но всё же полезно еще раз отметить те, которые оказались удовлетворительными. Они представлены здесь в вариантах 1-5.

Номер 1 иллюстрирует схему, в которой для обнаружения максимума используется малая цепь c_1 , с очень слабой индуктивной связью и резонирующим контуром C . В эту малую цепь c_1 , которая не оказывает никакого существенного воздействия на контур C , входит еще и катушка c'' , иначе говоря сопротивление, которая, являясь безиндуктивной, служит для установления эффекта соответствия известному устройству d , которым чаще всего является микроскопический искровой промежуток, вакуумная трубка или любой прибор с раскаленной проволокой, как, например, миниатюрная лампа, специально изготовленная для этого, вольтметр Кардью или любой другой прибор. В номере 2 настройка воздействия на d осуществляется при повороте контура



вокруг точки *o* или же путем приближения или отдаления малой цепи *c*₁ относительно контура *C*. В номере 3 некоторое число витков резонансной цепи *C* растягиваются под устройством *d*, при этом число витков можно регулировать. В номере 4, в свою очередь, малая катушка *c*^{''}, соединенная последовательно с катушкой *C*, находится в индуктивной связи с малым контуром *c*₁ который, к тому же, можно регулировать указанным способом или любым иным. Наконец, в номере 5 малая катушка *c*^{''}, соединенная последовательно с *C*, растягивается под устройством *d*. Витки катушки *c*^{''} можно регулировать.

Этот способ представляется наилучшим.

Колорадо-Спрингс

3 декабря, 1899

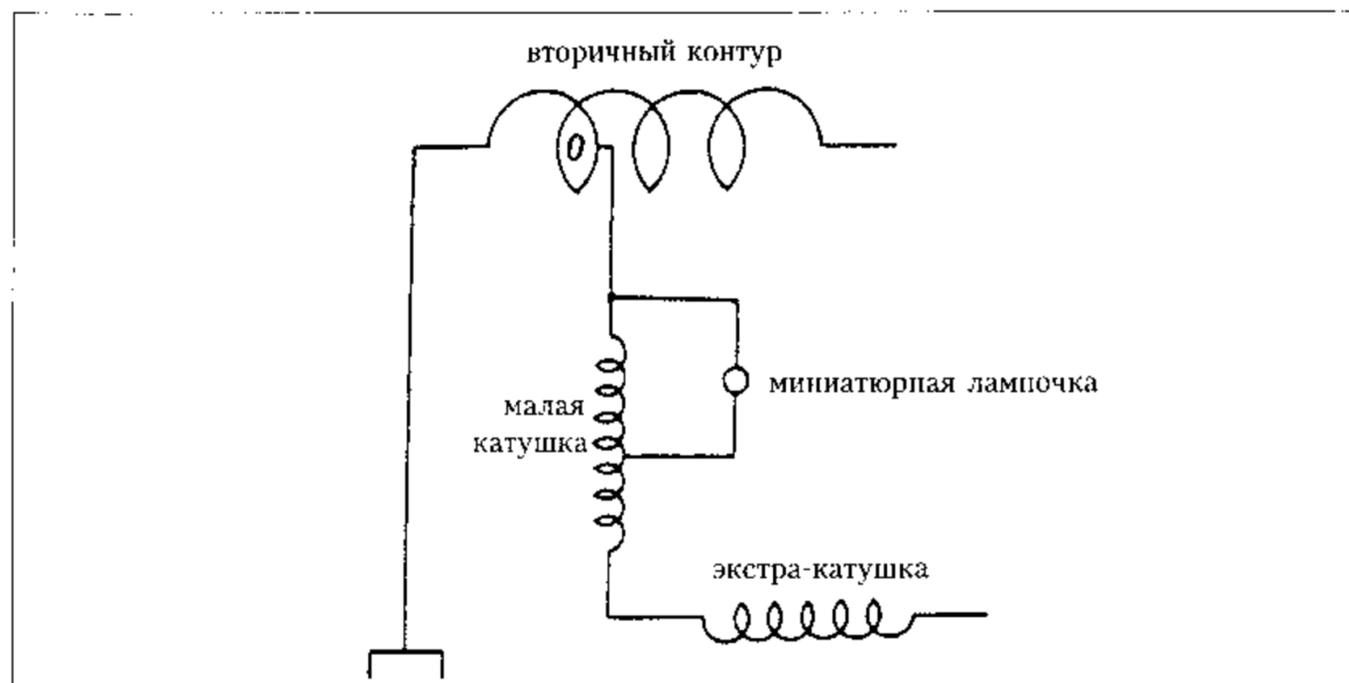
Определение свободных колебаний новой дополнительной, так называемой экстра-катушки с намоткой проводом № 10 на каркасе диаметром 8' 3" и длиной 8' в модифицированном варианте. Сняли сверху пять витков и проложили последние пять витков с промежутком в два паза вместо одного, как у остальных витков. В таком варианте катушка имела 100 витков. Возбуждение передавалось от вторичного контура, при этом соединение находилось в точке *o* на уровне ³/₄ витка от пластины заземления, как показано на схеме. Максимальный подъем определялся посредством миниатюрной лампочки, запараллеленной с несколькими витками регулируемой малой катушки, которая соединена последовательно с экстра-катушкой; индуктивность малой катушки совсем ничтожна по сравнению с индуктивностью экстра-катушки. Показания в режиме резонанса были следующие:

Емкость в первичной, или возбуждающей цепи
 $(2 \times 36) / 2 = 36 \text{ бутылок} = 0.0324 \text{ мкФ}$

Индуктивность в первичной, или возбуждающей цепи
 16 ¹/₁₆ витка регулировочной катушки + 1 первичный виток, т.е.

$(4 \times 36) / 2 = 72 \text{ бутылки} = 0.0648 \text{ мкФ}$

два первичных кабеля, параллельных, с учетом обратного воздействия вторичного контура
 5 ⁵/₈ витка катушки + первичный виток, как описано выше.



По первому замеру при условии, что индуктивность первичного витка испытала воздействие вторичного контура и составила 41 000 см, период колебаний имел значение $T_1 = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{0.0324 L}$, где L — индуктивность первичной цепи, выражает таковую первичного витка + $16 \frac{1}{16}$ регулировочной катушки = 41 000 + 56 000 = 97 000. Это дает

$$T_1 = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{0.0324 \times \frac{97}{10^6}} = \frac{2\pi}{10^6} \sqrt{0.0324 \times 97} = \frac{2\pi}{10^6} \times 1.773 = \frac{11.13444}{10^6} \text{ и } n = \text{около } 90\,000.$$

По второму замеру, когда индуктивность $5 \frac{5}{8}$ витка регулировочной катушки была равна 17 300 см, а суммарная индуктивность первичной цепи составила 41 000 + 17 300 = 58 300 см, мы получаем период

$$T_2 = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{0.0648 \times \frac{583}{10^7}} = \frac{2\pi}{10^6} \sqrt{0.0648 \times 58.3} = \frac{6.28 \times 1.944}{10^6} = \frac{12.2}{10^6} \text{ и } n = 82\,000$$

приблизительно.

Примечание. Настройка была очень острой в обоих случаях, но во втором случае обратная реакция вторичного контура слабее, т.е. индуктивность первичного контура больше.

Колорадо-Спрингс

4 декабря, 1899

Эксперименты с целью установления эквивалентности между индуктивностью первичной петли, состоящей из двух запараллеленных первичных кабелей (с учетом обратной реакции вторичного контура) и индуктивностью витков регулировочной катушки в первичном контуре

Прибегли к резонансному анализу и опять использовали катушку с 344 витками провода № 10 на барабане диаметром 14", длиной 8 футов. Данная катушка имела подключенную к ней последовательно очень небольшую регулировочную катушку, и мы применили маленькую лампочку, подсоединив ее через несколько витков этой последней катушки, чтобы указывать на максимальный резонансный подъем в возбужденной катушке. Получили следующие результаты:

Емкость в первичной цепи Индуктивность в первичной цепи

8 банок с обеих сторон,
то есть 4 банки = 0.0036 мкФ

Емкость прежняя

1.
Одна первичная петля как и раньше + $6 \frac{3}{4}$ витка регулировочной катушки (Малая катушка, соединенная последовательно с катушкой из 344 витков, имела 9 витков, что совершенно пренебрежимо для контура).

2.
 $15 \frac{1}{4}$ витка регулировочной катушки только первичного контура (Малая катушка включала в себя 22 витка, и это ничтожно по сравнению с катушкой в 344 витка).

Поскольку резонанс был достигнут в обоих случаях, и емкость первичного контура в обеих пробах оставалась неизменной, мы имеем равные индуктивности в первичном контуре в обоих случаях, а отсюда следует, что в условиях этих проб индуктивность первичного контура в его модифицированном виде под воздействием вторичной цепи была эквивалентна $15 \frac{1}{4}$ — $6 \frac{3}{4}$ виткам регулировочной катушки первичного контура. Далее, по таблице индуктивности значение для $15 \frac{1}{4}$ витка равно 52 930 см, а для $6 \frac{3}{4}$ витка, введенных в контур в первом случае, 21 052 см. Следовательно, индуктивность первичных кабелей в этом примере

$$L_p = 52\,930 - 21\,052 = 31\,878 \text{ см.}$$

Таким образом, в этом замере вторичный контур, хотя и «незамкнутый», уменьшил индуктивность первичного контура с 56 400 см до вышеприведенного значения, или примерно на 43.48%.

Колорадо-Спрингс

5 декабря, 1899

Эксперименты, с целью проверки эквивалентности индуктивности первичной петли (двух запараллеленных первичных кабелей) с учетом обратной реакции вторичной цепи и индуктивности витков регулировочной катушки в первичной цепи в измененных условиях

Опять была задействована катушка с 344 витками, и максимальный резонансный подъем в ней определялся описанным выше способом. На этот раз мы применили большую емкость в первичной цепи, чтобы ближе подойти к свободным колебаниям вторичной цепи и таким образом спровоцировать более ярко выраженное ответное воздействие на первичную петлю. Резонансный режим был выдержан при следующих значениях:

Емкость в первичной цепи	1. Индуктивность в первичной цепи
$(2 \times 36)/2 = 36$ бутылок = = 0.0324 мкФ	21 $3/4$ витка регулировочной катушки только в первичной цепи
Емкость в первичной цепи	2. Индуктивность в первичной цепи
$(2 \times 36)/2 = 36$ бутылок = = 0.0324 мкФ	Одна первичная петля, как указано выше, + 15 $1/2$ витка регулировочной катушки.

Так как в обоих испытаниях емкость в первичной цепи ни в малейшей степени не изменялась, то индуктивность первичной цепи в этом случае была эквивалентна индуктивности 21 $3/4$ витка за вычетом индуктивности 15 $1/2$ витка регулировочной катушки в первичной цепи. Это означает, что индуктивность первичной петли была эквивалентна разности $21.75 - 15.5 = 6.25$ витка первичной регулировочной катушки, иными словами, она составила лишь $6.25 \times 3850 = 24063$ см. Индуктивность меньше на 57.33%. Это еще меньшее значение, чем полученное вчера, но оно, весьма вероятно, близко к максимуму, так как вторичный контур демонстрировал признаки состояния резонанса. Эти эксперименты предупреждают о рискованности доведения обратной реакции вторичной цепи до такой степени. *Следует помнить об этом.*

Колорадо-Спрингс

6 декабря, 1899

Продолжение экспериментов по установлению эквивалентности индуктивности первичной петли (двух запараллеленных первичных кабелей) с учетом реакции вторичной цепи и индуктивности витков регулировочной катушки в первичной цепи во вновь измененных условиях

В сегодняшних испытаниях мы применили новую, экстра-катушку, модифицированную таким образом, чтобы у нее было только 100 витков (это требует пояснения). Эту катушку использовали точно так же, как прежнюю с 344 витками, и максимальное нарастание определяли тем же способом и теми же средствами, что и в предыдущих опытах. Ниже приведены результаты двух сравнительных испытаний:

Емкость в первичной цепи	1. Индуктивность в первичной цепи
$(5 \times 36 - 24)/2 = 156/2 = 78$ бутылок = 0.0702 мкФ	11 $5/16$ витка регулировочной катушки только в первичной цепи

Емкость в первичной цепи такая же, как и раньше	2. Индуктивность в первичной цепи
	Один первичный виток + 3 $1/2$ витка регулировочной катушки первичной цепи

Из этих тестов следует, что в нынешних условиях индуктивность первичной петли с учетом реакции вторичной цепи эквивалентна индуктивности 11 $5/16$ витка, не считая индуктивности 3 $1/2$ витка первичной регулировочной катушки. Теперь в таблице индуктивности находим индуктивность 11 $5/16$ витка = 37775 см, а для 3 $1/2$ витка она равна 11164 см. Следовательно, индуктивность первичной петли в данных условиях составляет

$$L_p = 37775 - 11164 = 26611 \text{ см.}$$

Вторичный контур резонировал в определенной степени, но не так значительно, как в экспериментах, записанных вчера. Снижение индуктивности, обусловленное реакцией вторичного контура, составило на этот раз 52.82 %.

Примечание. Эти испытания доказывают целесообразность прерывания вторичной цепи на большее число отметок шкалы, когда первичная цепь используется в качестве индуктивности.

Колорадо-Спрингс

7 декабря, 1899

Эксперименты для выяснения степени, с какой индуцированные токи в земле могут воздействовать на первичную и вторичную колебательные системы, применяемые в настоящее время в лаборатории

Применили метод резонансного анализа и провели эксперименты следующим образом: квадратный каркас со стороной 11' $1/4$ " и высотой 3 $3/4$ " с намоткой в 14 витков проводом № 10 укрепили горизонтально над землей, причем высоту подъема каркаса можно было регулировать. Эту катушку мы настраивали в разных позициях и наблюдали за реакцией земли на изменение периода колебаний в различных позициях. Однако для того чтобы получить более высокую точность показаний, а также для максимально возможного снижения влияния распределенной емкости в катушке, намотанной на квадратный каркас, мы соединили ее последовательно с другой, применявшейся ранее катушкой с 344 витками на барабане диаметром 14", но сделали это таким образом, чтобы катушка на квадратном каркасе находилась между заземлением и катушкой с 344 витками с целью поддержания сравнительно небольшой разницы потенциалов между витками квадратной катушки, что снижало влияние распределенной емкости упомянутой катушки. При использовании дополнительной катушки колебания замедлялись, и это обеспечивало

более высокую точность показаний. Состояние возбуждения обеих катушек достигалось способом, неоднократно упоминавшимся и описанным, при этом максимальный резонансный подъем определялся посредством маленькой лампочки, подключенной параллельно с несколькими регулируемыми витками очень маленькой катушки с совершенно ничтожной индуктивностью; эта последняя соединена последовательно с обеими катушками, которые мы использовали в эксперименте.

Результаты измерений приведены в таблице:

Емкость в первичной цепи возбуждения	Расстояние от земли до квадратной катушки	Индуктивность в первичной цепи
1. $(4 \times 36)/2 = 72$ бутылки = 0.0648 мкФ	1' 3" + 0'	$4 \frac{1}{4}$ без $\frac{1}{32}$ витка регулировочной первичной катушки
2. $(4 \times 36)/2 = 72$ бутылки = 0.0648 мкФ	1' 3" + 2'	$4 \frac{1}{16}$ витка регулировочной первичной катушки
3. $(4 \times 36)/2 = 72$ бутылки = 0.0648 мкФ	1' 3" + 4'	4 без $\frac{1}{32}$ витка регулировочной первичной катушки
4. $(4 \times 36)/2 = 72$ бутылки = 0.0648 мкФ	1' 3" + 6'	$3 \frac{7}{8} + \frac{1}{32}$ витка регулировочной первичной катушки

В порядке пояснения необходимо указать, что настил находился на высоте 1' 3" от земли. При первом же рассмотрении вышеприведенных результатов ясно, что наведенные токи не проявляют себя заметным образом. Это вполне ожидаемо, если принять во внимание чрезвычайную сухость почвы, которая, как указывалось выше, заставила немало потрудиться на начальном этапе этих экспериментов, чтобы добиться надежного заземления. Однако вышеприведенная таблица наглядно доказывает, что электростатическая емкость является важным элементом*. Это вполне очевидно, поскольку колебания системы, включающей в себя квадратную катушку, ускоряются с увеличением высоты подъема каркаса. Если бы индуцированные токи генерировались в земле, картина была бы прямо противоположной. Поскольку емкость в пер-

вичной, возбуждающей цепи оставалась одинаковой во всех четырех экспериментах, то емкость возбужденной цепи, индуктивность которой была постоянной, менялась точно так же, как индуктивность первичной цепи. А согласно таблице индуктивность в 1, 2, 3 и 4 экспериментах составила соответственно: 12824, 12463, 12247 и 12103 см. Увеличение расстояния от 1 до 2 составило 160%; от 2 до 3 – 61.5%; от 3 до 4 – 38.2%. Сгруппировав результаты, мы получаем:

Увеличение расстояния	Величина уменьшения емкости	Цифры показывают общую пропорциональность, но необходимо также знать емкость возбужденной системы
2'	160%	361
2'	61.5%	216
2'	38.2%	144

*Необходимо определить емкость первичных кабелей относительно земли.

Предстоит довести до конца.

Колорадо-Спрингс

8 декабря, 1899

Ответ на замечание I. Хоторна, опубликованное в «Northamerican», Филадельфия

На вопрос коллеги I. Хоторна, заявляю следующее:

Не выходя за пределы избранной мной области исследований, я глубоко убежден, что освоение электрических сил было таким великим и благотворным достижением, каких наш век еще не видел. Что касается ближайшего будущего, то в моих намерениях доминируют две идеи, одна из которых уже реализована, в то же время вторая близка к завершению. Искусство управления перемещением и действием удаленных автоматических устройств, дающих механизмам возможность функционировать, подобно существам, наделенным сознанием, продемонстрирует великим державам бесполезность вооружений и нецелесообразность нынешнего образа жизни, когда происходит уничтожение боевых средств, что приведет к более прочным мирным взаимоотношениям в гармонии с гуманистическим духом просветительской философии эпохи, в то же время умение передавать электрическую энергию через естественные среды без использования проводов на огромные расстояния от крупных центров, таких как Ниагара, откроет неисчерпаемые источники энергии и изобилия и,

сделав колоссальные запасы энергии Солнца доступными для удовлетворения потребностей человека, это достижение, по всей вероятности, откроет ему бесконечные возможности вносить такие же чудесные преобразования на всем земном шаре, какие, по всем признакам, производятся разумными существами на какой-либо соседствующей с нами планете.

Н. Тесла.

Эксперимент с целью определения индуктивности катушки, намотанной на уже применявшийся квадратный каркас, методом резонансного анализа, а также с помощью другой, испытанной катушки

Квадратная катушка, как и прежде, была соединена последовательно с катушкой имеющей 344 витка, и максимальный подъем определялся способом, описанным в предыдущих экспериментах. Резонансный режим достигался при следующих условиях:

Катушка с 344 витками в последовательном соединении с квадратной катушкой

Емкость в первичной цепи, или цепи возбуждения

36/2 = 18 бутылок = 0.0162 мкФ

Индуктивность в первичной цепи
5 минус 1/32 витка регулировочной катушки ≈ 15000 см

Только катушка с 344 витками

36/2 = 18 бутылок = 0.0162 мкФ

15 минус 1/16 витка регулировочной катушки = 51700 см.

Ну а если исходить из того, что прирост емкости, когда катушка на квадратном каркасе подключена последовательно, ничтожно мал, что и должно быть, если подлежащая измерению катушка очень небольшая по сравнению с другой, то можно допустить, поскольку емкость в первичной цепи в обоих экспериментах не менялась, что в обоих последовательных пробах индуктивность в первичной, или возбуждающей цепи такая же, как и индуктивность возбужденной цепи. Обозначим емкость квадратной катушки через L и, помня, что индуктивность катушки с 344 витками равна, как уже сказано, 0.006 генри, мы имеем:

$$\frac{L + 0.006}{0.006} = \frac{51700}{15000} = \frac{517}{150} \text{ и}$$

$$\frac{517}{150} \times 0.006 - 0.006 = L = 0.006 \times \left(\frac{517}{150} - 1 \right) = 0.006 \times \frac{367}{150} L = 0.01468 \text{ генри.}$$

Конечно, корректность этой оценки основана на допущении, что емкость, добавленная квадратной катушкой к возбужденной системе, очень мала по сравнению с общей емкостью.

Колорадо-Спрингс

9 декабря, 1899

Перепроверка результатов с квадратной катушкой в различных позициях, полученных 7 декабря

Результаты, о которых идет речь, указывают на то, что, вследствие близости к земле, емкость может иметь очень большое значение. Чтобы глубже разобраться в изменениях емкости, а также рассеять все неясности относительно влияния наведенных токов, необходимо подсчитать емкость возбуждаемой системы. Считается, что для такой цели расчет на «идеальную» емкость катушек дает результаты, близкие к истине. А в предыдущем случае «идеальная» емкость катушки с 344 витками оказалась равной 34.6 см. Поскольку эта «идеальная» емкость возрастает с квадратом длины витков, то, вследствие того, что она возрастает в простой пропорции с увеличением накопленной энергии, а энергия, в свою очередь, пропорциональна квадрату разности напряжения между двумя смежными витками, разность напряжения находится в простой пропорциональной зависимости от длины. Длина же одного витка на квадратной катушке равна $4 \times 11' \frac{1}{4}'' = 4 \times 132.5'' = 530''$.

При условии, что катушка с 344 витками намотана на барабан диаметром 14", длина каждого из этих витков составляет $3.1416 \times 14'' \approx 44''$. Следовательно, «идеальная» емкость квадратной катушки, с учетом также и витков, составит

$$\frac{14}{344} \times \left(\frac{530}{44} \right)^2 \times \text{«идеальную» емкость катушки в 344 витка} =$$

$$= \left(\frac{265}{22} \right)^2 \times \frac{14}{344} \times 34.6 = 145.1 \times 1.4 = 203.14 \text{ см.}$$

Отсюда общей «идеальной» емкостью будет их сумма, что приблизительно равна 238 см. При условии, что нам известно это значение, полученное на заданной высоте от земли, мы можем теперь вычислить прирост емкости или ее убыль по мере того, как катушка приближается к земле или удаляется от нее, и, по-видимому, надо будет подтвердить, что эти приращения и убавления находятся в пропорциональной зависимости от расстояния катушки от земли в процессе последовательных перемещений катушки. Полагаю,

в данный момент необходимо проделать эту трудоемкую работу, потому что, весьма вероятно, так оно и есть.

Примечание. Вероятно, такая пропорциональность может нарушиться, если окажется, что в земле генерируются значительные токи.

Колорадо-Спрингс

10 декабря, 1899

Расчет витков экстра-катушки, которая должна применяться вместе с конструкцией из стальных труб, служащих емкостью на свободном выводе

В предыдущем испытании резонанс был получен с новой дополнительной катушкой и надземной конструкцией в качестве емкости при работе в следующем режиме:

Емкость в первичной цепи возбуждения	Индуктивность в первичной цепи
168 бутылок = 0.1512 мкФ	20 ³ / ₈ витка регулировочной катушки

В этом опробовании экстра-катушка имела 105 витков. Если же уменьшить число витков до 100, индуктивность катушки снизится в отношении $\left(\frac{100}{105}\right)^2 = 0.907$. Следовательно, вместо 20 000 000 см, как раньше, индуктивность катушки составит 20×0.907 миллиона см, или 18 140 000 см = 0.018 генри приблизительно. Если бы вышеописанный тест был проведен с катушкой такой модификации, то емкость в первичной цепи возбуждения – при условии, что индуктивность остается неизменной, – уменьшилась бы в отношении $18.14/20$, или же у нас вместо 168 бутылок было бы около $(18.14/20) \times 168 = 153$ бутылки, приблизительно = $0.0009 \times 153 = 0.13759$ мкФ. Таким образом, мы имеем исходные данные для расчетов:

Экстра-катушка с конструкцией: 1

Емкость первичной цепи: 0.13759 мкФ	Индуктивность первичной цепи: 20 ³ / ₈ витка регулировочной катушки + соединения.
--	--

А в другом расчете экстра-катушки, но без конструкции, результаты такие:

Только экстра-катушка: 2

Емкость первичной цепи: 0.0648 мкФ	Индуктивность первичной цепи: 5 ⁵ / ₈ витка регулировочной катушки + соединения.
---------------------------------------	---

Эти данные позволяют нам вычислить, сколько витков необходимо оставить неиспользуемыми на нижней части катушки, чтобы она оказалась в резонансе с первичной системой возбуждения при оптимальном рабочем режиме последней, при этом конструкция была соединена с катушкой.

Ну а вторичная система, чтобы функционировать в наиболее благоприятном режиме, должна иметь все доступные сосуды, а регулировочная катушка в первичной цепи должна быть полностью отключена. То есть, это то условие, которое соответствует полной отдаче и максимальной экономии. При таком режиме работы вторичная цепь в значительной степени изменит индуктивность первичной цепи, и на данный момент, по приблизительной оценке, не будет большой ошибкой предположить, что индуктивность первичной цепи уменьшится примерно на 50%, так что ее можно зафиксировать на отметке 28 000 см. Теперь это можно использовать в тесте 2.

Только экстра-катушка

Первичная емкость: 0.0648 мкФ	Первичная индуктивность: 28 000 + + 5 ⁵ / ₈ витка регулировочной катушки + соединения = 28 000 + 17 263 = = 45 300 см приблизительно.
-------------------------------	---

Емкость же в первичной цепи с использованием всех сосудов, которые требуются для оптимальной работы, составит $(8 \times 36)/2 = 144$ бутылки = 0.1296 мкФ. При снижении емкости до этого уровня индуктивность в первичной цепи во 2 замере будет равна не 45 300 см, а только $(0.0648/0.1296) \times 45 300 = 22 650$ см.

Теперь рассмотрим замер 1, когда к свободному выводу катушки была присоединена конструкция. Индуктивность в первичной цепи соответствовала $20 \frac{3}{8}$ витка + соединения = 72 660 см согласно таблице. Но в этом случае емкость была 0.13759 мкФ. При снижении этого значения до емкости, при которой вторичная цепь работает наилучшим образом, т.е. до 0.1296 мкФ, индуктивность с такой емкостью увеличится с коэффициентом $0.13759/0.1296 = 1.048$, или будет равна $72 660 \times 1.048 = 76 150$ см приблизительно. Таким образом, мы имеем следующие данные:

Экстра катушка с присоединенной конструкцией:

Емкость в первичной цепи: 0.1296 мкФ	Индуктивность в первичной цепи = 76 150 см.
--------------------------------------	--

Экстра-катушка без конструкции:

Емкость в первичной цепи: 0.1296 мкФ Индуктивность в первичной цепи:
22 650 см.

Из вышеприведенного, таким образом, следует, что для обеспечения резонанса, когда конструкция присоединена, и при оптимальном рабочем режиме системы возбуждения, когда регулировочная катушка в первичном контуре имеет, по возможности, очень небольшое количество витков, мы должны уменьшить индуктивность экстра-катушки с коэффициентом $\frac{22\,650}{76\,150}$. Зная

длину, находим число витков

$$\sqrt{\frac{22\,650}{76\,150}} \times 100 = 54 - 55 \text{ витков.}$$

Колорадо-Спрингс

14 декабря, 1899

Тест с целью получения доказательств проявления свободных колебаний новой системы с экстра-катушкой (последний вариант)

Новая экстра-катушка последней модификации намотана на тот же каркас диаметром 8' 3" и длиной 8 футов; на этот раз взяли провод № 6 вместо провода № 10, как до этого. Сейчас она имеет только 100 витков. Катушку с намоткой проводом № 6 на барабане диаметром 14' и длиной 8 футов, неоднократно применявшуюся ранее, мы соединили последовательно с этой новейшей экстра-катушкой и определяли резонанс, как обычно, с помощью небольшой регулируемой катушки индуктивности и очень маленькой лампочки, запараллеленной с витками. При отсутствии емкости на выводе, который был «свободным», результаты таковы:

Емкость в первичной цепи
(5 × 36) / 2 = 180 / 2 = 90 бутылок = 0.081 мкФ

Индуктивность в первичной цепи
Один первичный виток (два кабеля запараллеленных) + 3 витка регулировочной катушки.

Когда к свободному выводу присоединили шар диаметром 30" с 4 футами провода, результаты замеров оказались следующими:

Первичная емкость 0.081 мкФ

Индуктивность в первичной цепи такая же, как указано выше, только в регулировочной катушке 7 1/2 витка.

В обоих случаях возбуждение осуществлялось через вторичный контур генератора колебаний, начиная от точки указанного контура на уровне 3/4 витка от пластины заземления. В первом случае расчет индуктивности первичной цепи с учетом реакции вторичной цепи дал результат 41 000 см. Добавив к этому значению индуктивность соединений и 3 витков регулировочной катушки = 10 000 см, получим суммарную индуктивность, равную примерно 51 000 см. Исходя из этого и из емкости в 0.081 мкФ, мы можем получить период системы, включающей в себя две последовательные катушки.

$$T_s = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{0.081 \times \frac{51}{10^6}} = \frac{2\pi}{10^6} \times 2.03 = \frac{12.75}{10^6} \text{ приблизительно, а } n = 78\,500 \text{ в секунду.}$$

Когда емкость шара диаметром 30" соединяется с системой, мы, как и прежде, имеем индуктивность первичной цепи, равную 41 000 см, а так как первичный виток, с учетом вторичной реакции, плюс 7 1/2 витка регулировочной катушки и соединения равны 23 580 см, то в сумме получаем 64 580 см. Следовательно, во втором случае период составил:

$$T_s = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{0.081 \times \frac{64\,580}{10^8}} = \frac{2\pi}{10^7} \sqrt{523.098} = \frac{6.28 \times 22.9}{10^7} = \frac{143.8}{10^7},$$

а $n = 70\,000$ приблизительно. Катушку, подключенную последовательно с экстра-катушкой, намотали на ранее использованный барабан. В одном случае на барабан намотали 346 витков провода № 10, и тогда ее индуктивность составила 6 040 000 см. Если экстра-катушка в последнем варианте имеет индуктивность около 18 000 000 см, то суммарную индуктивность можно с достаточной точностью определить как $18\,000\,000 + \left(\frac{283}{346}\right)^2 \times 6\,000\,000$ см, при этом катушка,

соединенная последовательно с подключенной экстра-катушкой, имела 283 витка. Это дает суммарную индуктивность $18\,000\,000 + 4\,000\,000 =$ приблизительно 22 000 000 см. А если бы эта последняя катушка с 283 витками была изъята,

тогда система колебалась бы быстрее в пропорции $\sqrt{\frac{22 \times 10^6}{18 \times 10^6}} = \sqrt{\frac{22}{18}} = \frac{\sqrt{11}}{3} = 1.106$

раза или, поскольку n в первом случае было равно 78 500, экстра-катушка одна будет совершать $1.106 \times 78\,500 = 86\,800$ колебаний приблизительно. Если индуктивность в первичной цепи остается такой же, как и в первом случае, то количество бутылок будет меньше в соотношении $18/22 = 9/11$, то есть вместо 90 бутылок суммарно нам понадобятся $(90 \times 9)/11 = 810/11 = 74$ бутылки или около того, то есть 148 бутылок с двух сторон, или около 4 камер. Это только приблизительный расчет в качестве помощи на первых порах. Возможно, в этом случае реакция вторичной цепи в какой-то степени завышена, так как в этих тестах она не резонировала или была близка к состоянию резонанса.

Цифры, полученные после второго испытания, показывают результаты, почти совпадающие с приведенными выше.

Колорадо-Спрингс

15 декабря, 1899

Перечень катушек, применявшихся в экспериментах до настоящего времени (для справки)

Катушка с намоткой на барабане диаметром 25.25"	провод № 20	404 витка	} Длина этого барабана $\approx 71 \frac{1}{2}$ "
Катушка с намоткой на барабане диаметром 25.25"	провод № 10	259 витков	
Катушка с намоткой на барабане диаметром 25.25"	провод № 10	274 витка	
Катушка с намоткой на барабане диаметром 24"	провод № 6	207 витков	$70 \frac{3}{4}$ "
Катушка с намоткой на барабане диаметром $10 \frac{5}{16}$ "	провод Bell № 18	550 витков	
Катушка с намоткой на барабане диаметром 14"	провод № 10	346 витков	} Длина этого барабана приблизительно 8 футов
Катушка с намоткой на барабане диаметром 14"	провод Bell № 18	1314 витков	
Катушка с намоткой на барабане диаметром 14"	провод № 6	283 витка	
Катушка с намоткой на барабане диаметром 5"	провод № 2	91 виток	$38 \frac{1}{4}$ "
Катушка с намоткой на барабане диаметром 5"	провод № 6	129 витков	$38 \frac{3}{4}$ "
Катушка с намоткой на барабане диаметром 4"	провод № 10	185 витков	4 фута

Катушка с намоткой на барабане диаметром 4"	провод № 10	141 виток	3 фута
Катушка с намоткой на барабане диаметром $30 \frac{1}{2}$ "	провод № 25	132 $\frac{1}{2}$ витка	

Эксперименты с резонансом

Катушка на барабане диаметром 26" (вертикальная позиция)	провод № 6	136 витков	
Катушка на шпуре диаметром 12"	$2 \frac{1}{8}$ "	28 слоев провода Bell № 18	
витков	$\left\{ \begin{array}{l} \text{до 20 слоев 28} \\ \text{до 28 слоев 27} \end{array} \right\} = 20 + 28 + 8 \times 27 = 560 + 216 = 776 \text{ витков.}$		

Эксперименты по определению периода колебаний

Новая экстра-катушка в первом варианте намотки имела диаметр 8' 3", длину 8 футов, 105 витков провода № 6, $\frac{1}{2}$ " между пазами. Ранее уже был описан ряд таких катушек, и их индуктивность замерена. Поскольку намотку многократно производили на одних и тех же барабанах разными проводами, не составит труда определить индуктивность некоторых из них на основе ранее зафиксированных данных.

В планах — составить полную таблицу катушек с их индуктивностью и другими полученными характеристиками.

Колорадо-Спрингс

16 декабря, 1899

При проведении некоторых экспериментов по обнаружению индукционного влияния первичного контура генератора колебаний на расстоянии мы использовали квадратный каркас, описанный в предыдущем случае. Этот каркас имел длину $11' \frac{1}{4}" = 132.5" = 336.55 \text{ см}$ и такую же ширину и глубину $3 \frac{3}{4}" = 9.525 \text{ см}$. На него было намотано 14 витков провода № 10. Чтобы узнать период колебаний этой катушки, мы опять применили формулу, к которой пришли ранее и часто использовали. Эта формула применима к катушкам круглого сечения, но при соответствующих поправках результаты могли бы

быть достаточно точными и для квадратной катушки. Чтобы применить это правило, мы преобразовали квадратную поверхность в равную ей круговую и рассчитали диаметр последней. Наконец, мы сделали поправку на меньшую длину провода на круговой катушке при том же числе витков. Пусть D означает диаметр окружности, тогда мы имеем $\frac{D^2\pi}{4} = 336.55^2$, из чего следует, что

$D \approx 380$ см.

Упомянутая формула такова:

$$p = \frac{3 \times 10^{10} \sqrt{(\tau + d)\tau}}{D^2 N \sqrt{\pi^3 K} \sqrt{d}}, \text{ где } \tau - \text{ зазор между проводами} = 0.46 \text{ см; } d -$$

диаметр провода = 0.254 см; $(\tau + d) = 0.714$; $\sqrt{(\tau + d)\tau} = 0.573$;

K согласно расчету = $\frac{52}{10^6}$; $\sqrt{d} = 0.5$; N - число витков = 14; ρ - соб-

ственная частота катушки.

В нашем случае из этих данных получаем:

$$\begin{aligned} p &= \frac{3 \times 10^{10} \times 0.573}{3.1416 \times 380^2 \times 14 \times \sqrt{\frac{3.1416 \times 52}{10^6} \times 0.5}} = \\ &= \frac{6 \times 10^{10} \times 573}{3.1416 \times 144400 \times 14 \times \sqrt{3.1416 \times 52}} = \\ &= \frac{6 \times 10^8 \times 573}{44 \times 1444 \times \sqrt{3.1416 \times 52}} = \frac{3438 \times 10^8}{44 \times 1444 \times 12.8} = \\ &= \frac{3438 \times 10^8}{813300} = \frac{3438 \times 10^6}{8133} = 423000 \text{ приблизительно,} \end{aligned}$$

$a n = \frac{423000}{2\pi}$ имеет значение около 67360.

Эти расчеты могли бы пригодиться для цилиндрической катушки с 14 витками, но витки квадратной катушки длиннее и, так как индуктивность пропорциональна квадрату длины провода, а частота, в свою очередь, пропорциональна квадрату корня индуктивности, n уменьшится в пропорции

$$\frac{4 \times 336.55}{3.1416 \times 380} = \frac{1193}{1346},$$

иначе говоря, система будет совершать около $\frac{1193}{1346} \times 67360$, или, округленно,

60000 колебаний в секунду. Как доказал эксперимент, количество колебаний системы было почти равно этому.

Колорадо-Спрингс

31 декабря, 1899

Фотографии из серии, отснятой г-н Алли в Колорадо-Спрингс с 17 по 31 декабря 1879 года, и переправленные моим коллегам в «Century»

I. Лаборатория. Вид спереди со склона Пайкс-Пик. Изохроматическая пластина 11" × 14". Время съемки - после полудня, ближе к закату солнца. Это очень хорошая фотография, со всей очевидностью доказывающая преимущество чистоты здешней атмосферы. В Нью-Йорке, к примеру, невозможно добиться такой четкости очертаний и зафиксировать такое количество деталей. Я прихожу к выводу, что высокое качество фотографий, достигаемое в этой местности, обусловлено не столько искусством профессионалов, сколько чистотой атмосферы и изобилием света.

II. Внутренний вид помещения: половина круглого каркаса генератора колебаний и несколько катушек внутри, трансформатор Вестингауза, грозовые разрядники на заднем плане, а также часть центральной экстра-катушки последней модели и 30" шар на штативе. Фотография сделана в конце дня. Свет слабодиссеянный. Пластина изохроматическая, 11" × 14".

III. Внутренний вид помещения, где главным образом видны конденсаторы, двигатель прерывателя и регулировочная катушка в первичной цепи генератора колебаний. Трансформатор высокого напряжения Вестингауза и питающие трансформаторы на заднем плане, а также разрядники. Пластина такая же, фотография сделана тоже вечером. Рассеянный свет был весьма тусклым. Эти кадры превосходны.

IV. Лаборатория, вид сзади в лунном свете, экспозиция 1 час 20 мин. Полнота луны около $\frac{2}{3}$. Очень четкое изображение хребта Пайкс-Пик и всех деталей постройки. Такого качества фотографий при лунном свете можно добиться только в немногих местах. Пластина изохроматическая, 11" × 14".

V. Внутренний вид помещения во многом такой же, как на снимке II. Вторичный контур и разного рода катушки, размещенные внутри, в частности

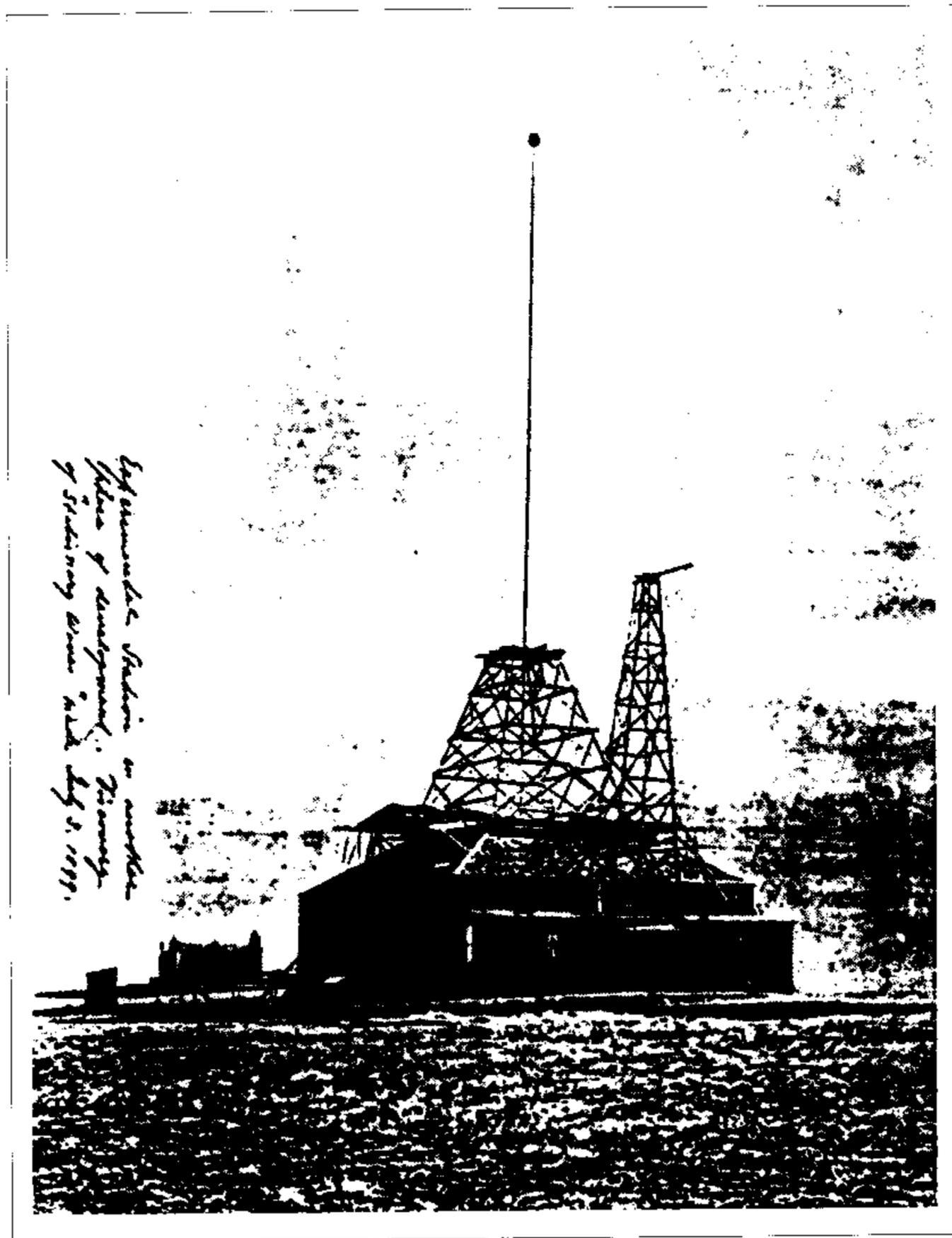


Фото I. Лаборатория. Вид спереди со склона Пайкс-Пик
Текст на фото: Экспериментальная станция в фазе становления.
Открытие стоячих волн, состоявшееся 9 июля 1899 г.

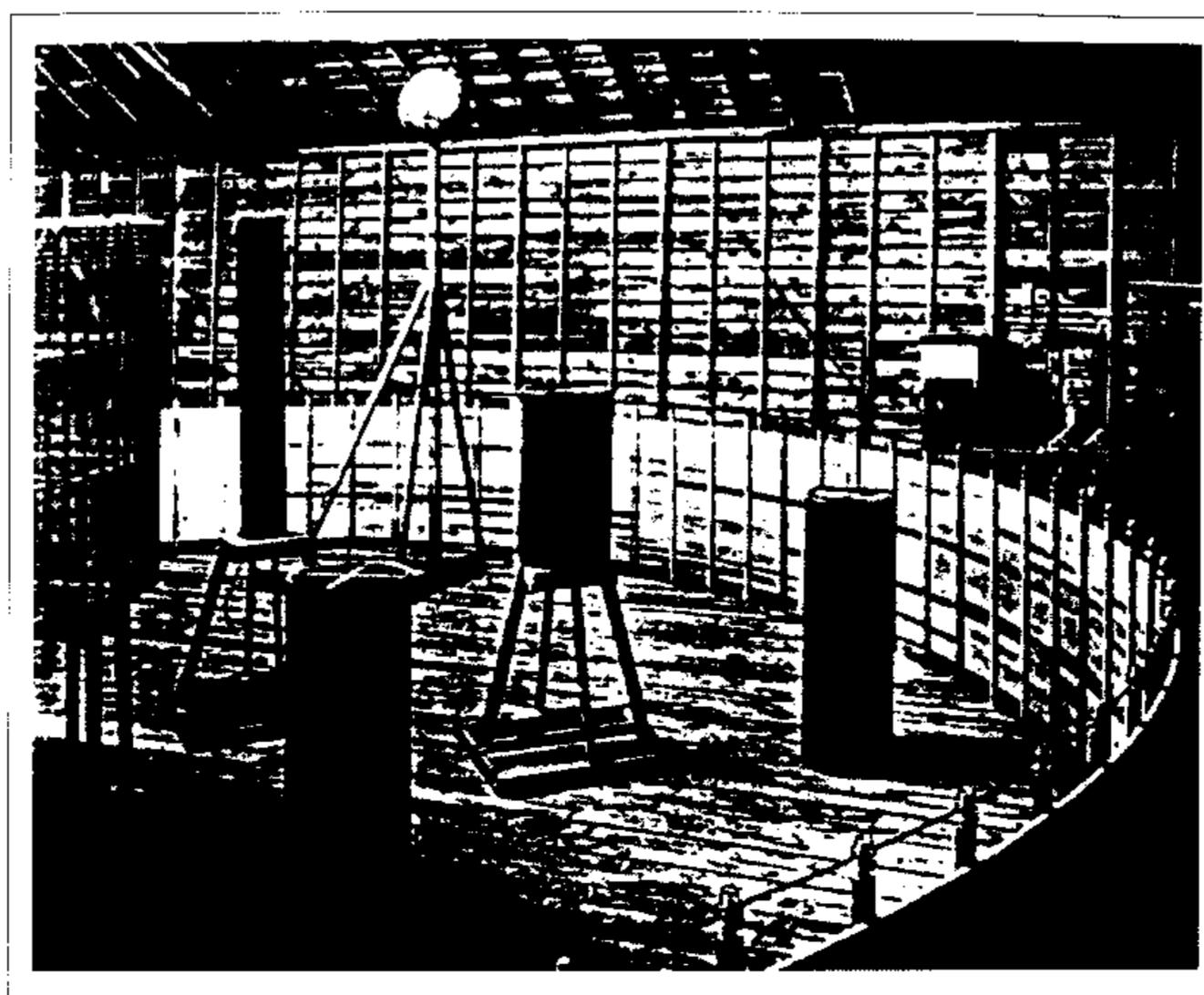


Фото II. Внутренний вид помещения. Половина круглого каркаса генератора колебаний и несколько катушек внутри него

экстра-катушка в центре, резонируют. Последняя соединена с точкой на первом витке вторичного контура, примерно $\frac{3}{4}$ витка от заземления, тем не менее стримеры сильные. Другие катушки присоединены к этой же точке, тогда как 30" шар на штативе и катушка на подставке соединены с последним витком вторичного контура. Интенсивные искровые разряды шли от верха до низа экстра-катушки, и на последнем витке вторичного контура видны сильные стримеры. Около 100 коротких вспышек, или включений рубильника, а затем экспозиция в течение 15 минут обычной дуговой лампой, стоящей в углу помещения, для проведения фотосъемки. Дуговая лампа предпочтительнее вспышки, поскольку в каждом случае она позволяет точно определить время. Isochromatic plate definitely better. In the red substance photo plate is used red paint, in the rest it is the same as «Crown» Kramera. Used Kramera's instantaneous isochromatic plate, same size as before. This observation leads to the thought of conducting a series of experiments, which, in particular, could be

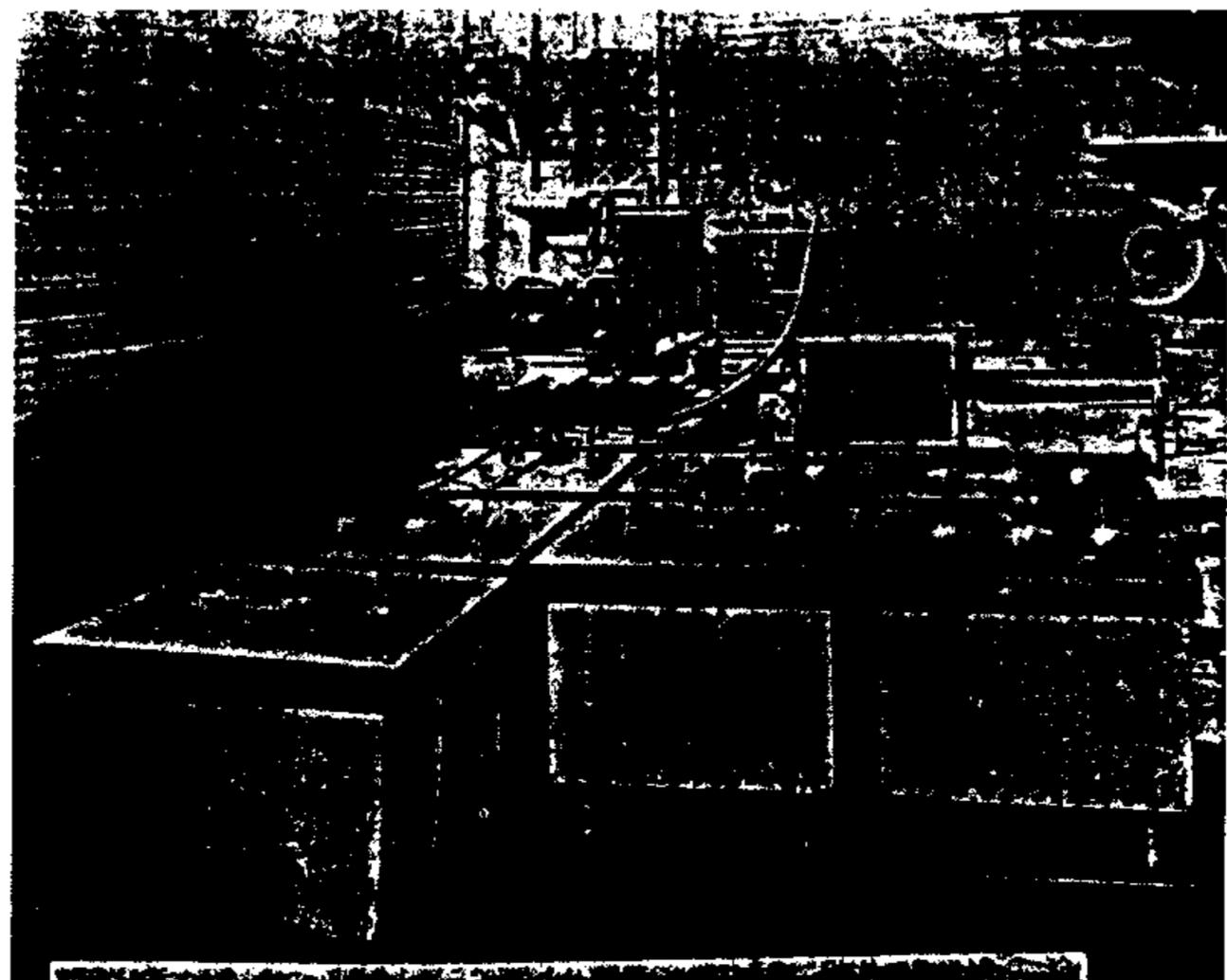


Фото III. Внутренний вид помещения. На плане конденсаторы, мотор прерывателя и регулировочная катушка в первичной цепи генератора колебаний, видны трансформатор высокого напряжения Вестингауза, питающие трансформаторы и разрядники на заднем плане

заключаться в исследовании фотопластин, каждую из которых окрасили в разный цвет, чтобы выявить специфические эффекты. Колебания системы были обычными или близкими к норме, как отмечено в вышеприведенных записях.

VI. Вид экстра-катушки в состоянии нормального возбуждения. Сверху установлено неизолированное лагунное кольцо из трубки диаметром $\frac{3}{4}$ ". Выключатель включен однократно и удерживался около 3 секунд. Для создания тяги слегка раздвинули крышу и открыли входную дверь. Эффект от тяги заметен сразу же по отрыву отдельных разрядов. Эта особенность отчетливо заметна на искровых разрядах, идущих к колпаку, укрепленному на конструкции из стальных труб, неоднократно описанному. Эти искровые разряды перемещаются необычно, предпочитая зачастую длинный путь короткому,

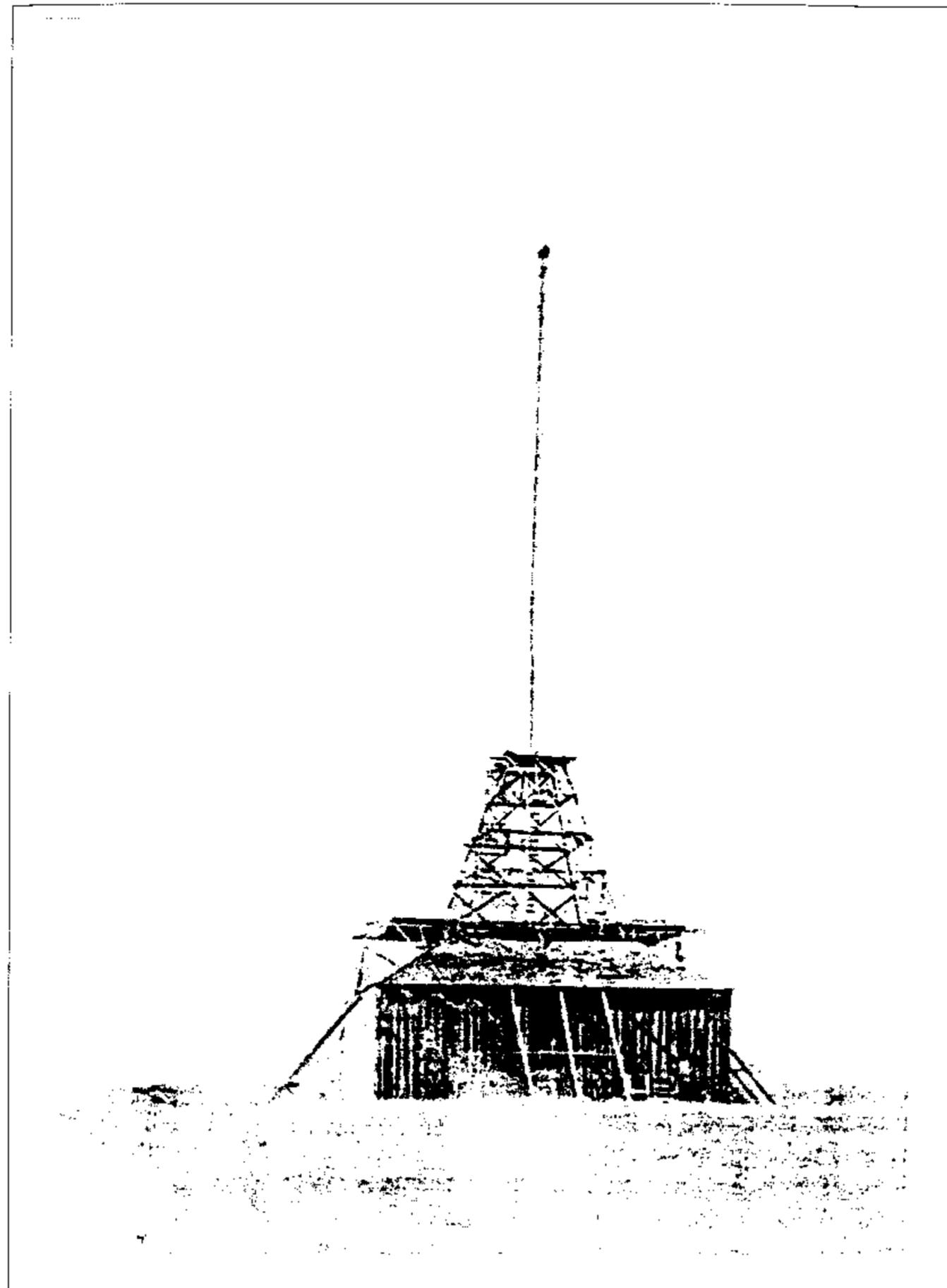


Фото IV. Лаборатория. Вид сзади в лунном свете

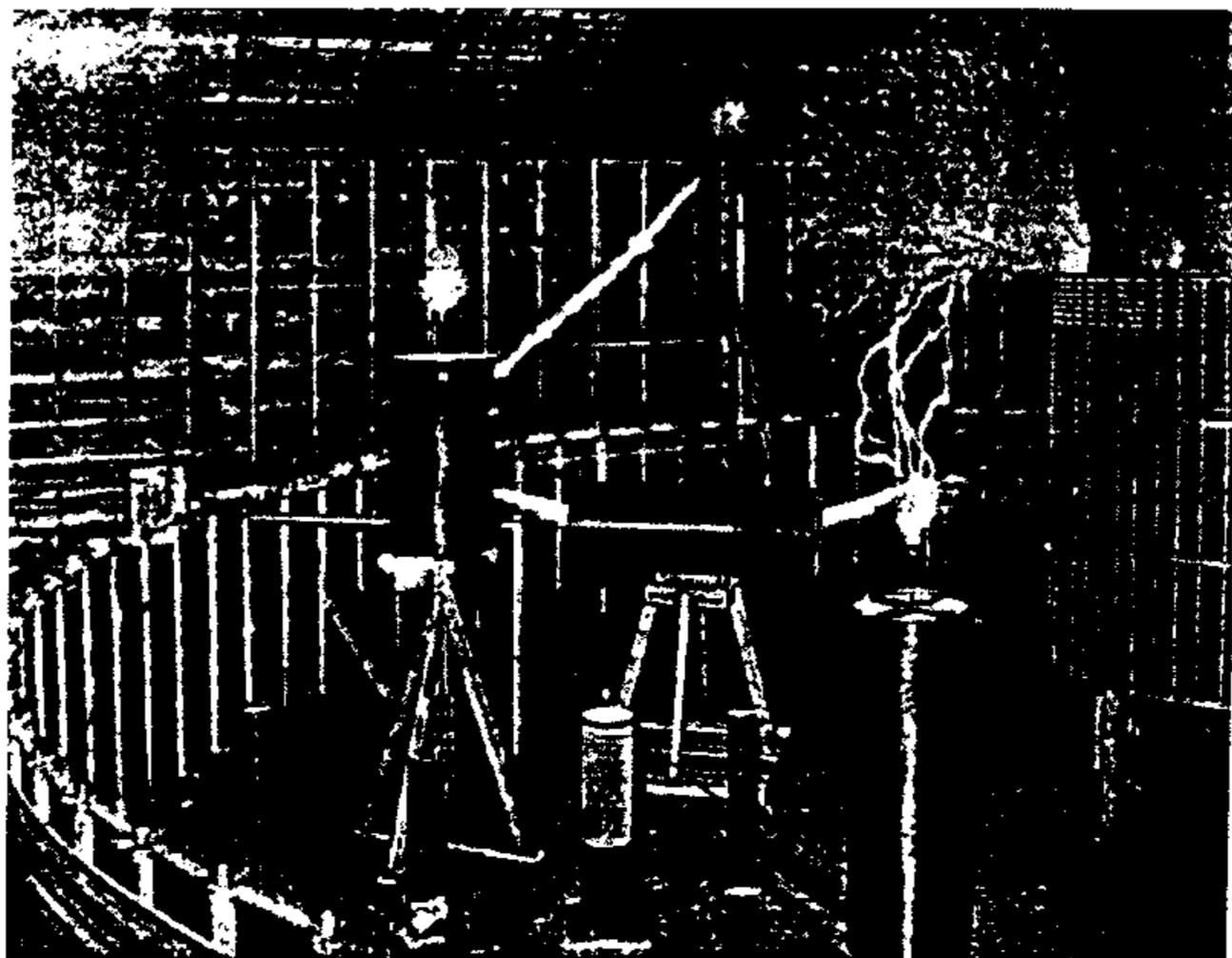


Фото V. Внутренний вид помещения с рядом катушек различной настройки, реагирующих на колебания, которые передает им электрический осциллятор

что свойственно исключительно такого рода разрядам с высоким напряжением, сбсгающим с одиночного свободного вывода. Некоторые стримеры кое-где разорваны, но в своем продолжении проявляются сильнее. Наибольшая длина стримеров от одного конца до другого около 50–55 футов по прямой. Эта фотография исключительно эффектна за счет характера, а также расположения стримеров. Экстра-катушка в нормальном возбужденном состоянии, но не на полную мощность. Колебания такие же, как отмечались рансе.

Использовали фотопластину того же качества, как и прежде, а экспозиция с дуговой лампой – 15 минут, объектив был открыт примерно наполовину.

VII. Вид экстра-катушки в действии. Для того чтобы препятствовать продвижению разряда к крыше, мы прикрепили к латунному кольцу на катушке сверху через небольшие промежутки провода, слегка направленные к земле. Таким путем создавалось большое количество стримеров, в отдельно-

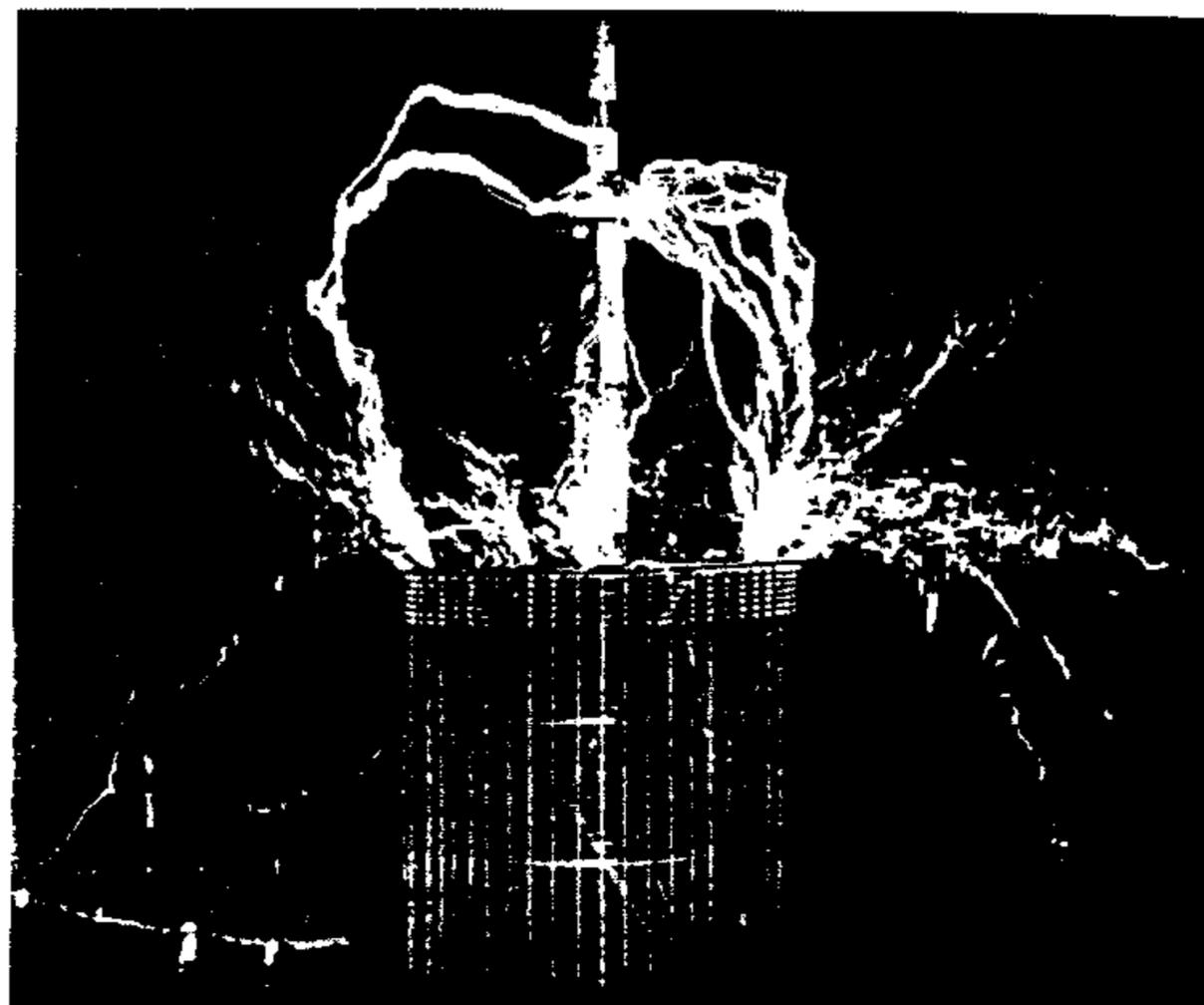


Фото VI. Нормально возбужденная экстра-катушка

сти каждый из них слабее. Фотография наглядно передает эту особенность, о чем свидетельствует внешний вид стримеров, тонких, как волос. Отдельные искровые разряды, доходящие до земли, сильные. Особенностью является тот факт, что на каком-либо проводе стример может вырваться с бóльшей силой и удерживаться на месте, пока не сорвется от созданной тяги или по другой причине. Как бы то ни было, траектория, что очевидно, произвольная и, возможно, зависит от расположения частиц, находящихся в воздухе. Изображение на этой фотографии очень красиво и симметрично. Длина стримеров примерно такая же, что и в предыдущем случае. Колебания системы с экстра-катушкой близки к нормальным, лишь претерпели небольшие изменения под влиянием проводов, закрепленных на латунном кольце. Любопытно отметить, что некоторые стримеры, встречаясь с землей и в этот момент превращаясь в искры, или искровые разряды, более яркие, выглядят более толстыми внизу, чем в точке образования. Я уже отмечал этот феномен некоторое время тому назад. Судя по фотопластине, может показаться, что стример или искра утолщаются по мере удаления от места образования, но это не обязательно. Это явление

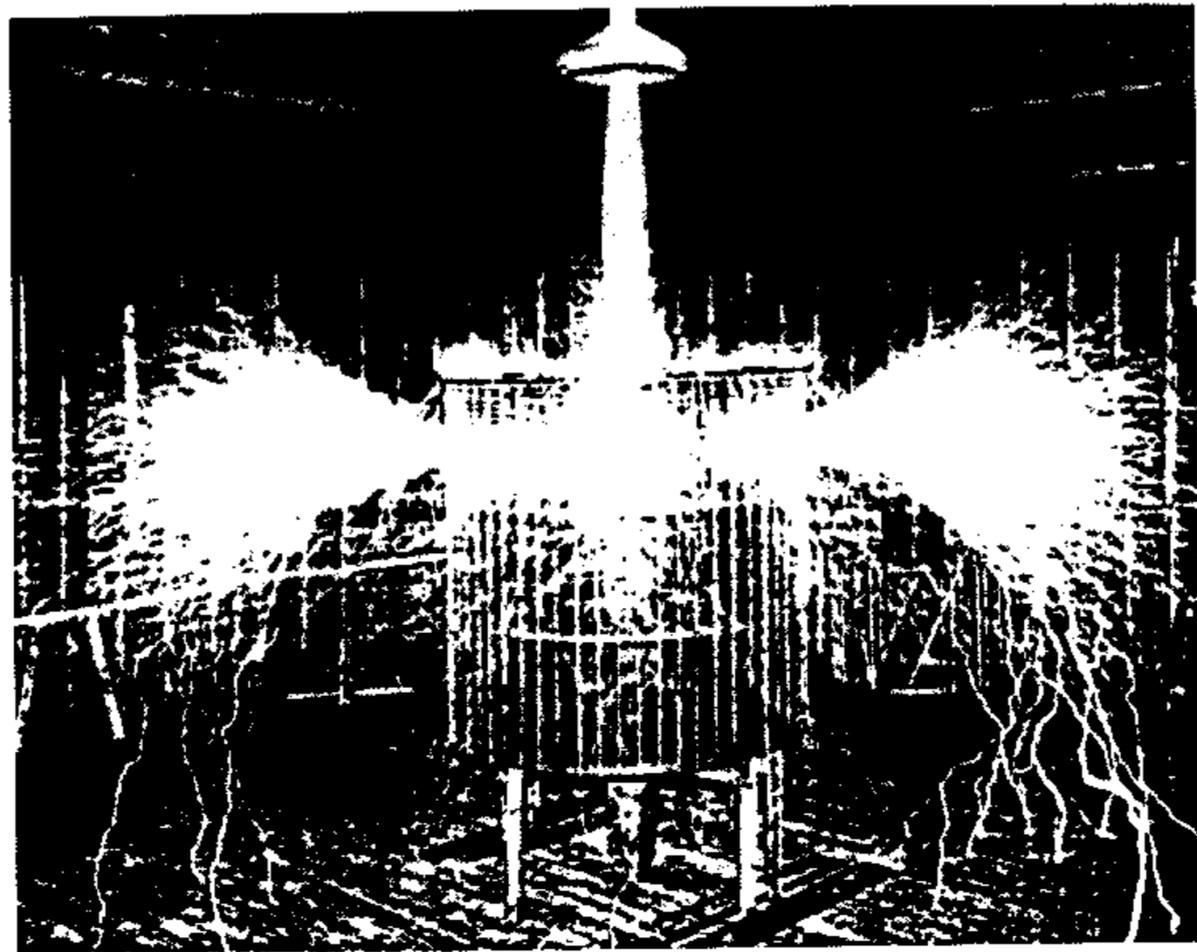


Фото VII. Экстра-катушка в действии

можно попросту объяснить тем, что конец, или нижняя часть стримера, находится ближе к фотоаппарату, чем место его образования. Но глаз в этом отношении не обманешь, и такой феномен можно частенько наблюдать, так что его существование вне сомнений. Это объяснимо, если допустить возможность улетучивания вещества в месте удара искры, что может вызвать образование пламени, которое увеличивает яркость той части светящейся траектории, которая ближе к данной точке. Я замечаю, что каждый раз, когда мощная искра ударяет в объект, вещество которого, например, древесина, легко распадается под воздействием тепла, возникает мгновенная неяркая вспышка пламени в этом месте, и зачастую можно увидеть отлетающую от этой точки искру, как на фотографии, или всплеск над объектом, подобный выбросу расплавленного металла. На негативе можно заметить, что точки падения искр на пол всегда темнее, это говорит о большей яркости света в этих местах. Использовалась та же фотопластина, что и раньше.

VIII. Здесь видим экстра-катушку (вид спереди) в состоянии нормального возбуждения со стримерами, исходящими от диска, обращенного к фото-

графическому аппарату. В этом опыте стримеры были длиннее, чем раньше, так как они исходили из меньшего числа точек, главным образом, из обода диска, диаметр которого был чуть больше 10". Некоторые стримеры, срывающиеся, как молнии, и лежащие в углы строения, достигали 30 футов по прямой, а с учетом кривизны их траектории они были, возможно, все 50 футов. Некоторые из них демонстрируют интересные разветвления, или разделение на множество ветвей, в то же время другие, уносимые потоком, ими же и создаваемым, представляют собой отдельные, четко различимые разряды. Сверкающие искровые разряды в направлении к колпаку над катушкой, тоже очень необычные и вызывающие интерес, часто взлетают высоко над колпаком, а потом возвращаются обратно к катушке по траекториям, по которым они должны следовать, значительно более длинным, чем путь по прямой от верха катушки до колпака. Часть стримеров попадающих в пол, явственно демонстрирует большую яркость, о которой уже говорилось. Примечательно, что стримеры над катушкой имеют более тонкую структуру и расщепляются, при этом тяга около отверстия в крыше, конечно, более сильная. На некоторых из очень длинных стримеров можно изредка увидеть более яркие точки. В этом эксперименте фотопластина была такая же, как и прежде, а колебания системы с экстра-катушкой также были обычными или близкими к норме.

IX. Эта фотография, в свою очередь, иллюстрирует экстра-катушку со стримерами и искровыми разрядами, исходящими от заостренного провода, помещенного перед фотоаппаратом. Провод, или терминал, был слегка наклонен книзу, чтобы заставить стримеры и искровые разряды отклоняться больше вниз, так как в этом эксперименте возникал значительный риск возгорания крыши здания от разрядов, которые могли направиться вверх. Стримеры, если заставить их исходить из одной точки, как в данном случае, в сущности, очень длинные, и с учетом этого, как оказалось, было практически невозможно использовать аппарат на полную мощность. Мы наращивали возбуждение системы с экстра-катушкой до тех пор, пока можно было действовать без большого риска. Самые длинные стримеры достигали стен здания, а иногда даже углов. Один из стримеров достиг фотографа, г-на Алли, в углу помещения, а еще один поразил меня, когда я переключал рубильник в другом углу. Однако на расстоянии они были такими слабыми, что не причинили никакого вреда.

Еще один стример попал в фотоаппарат, но, как выяснилось впоследствии, не испортил фотопластину. Эти стримеры были едва ли не самыми длинными, какие можно допустить в этом здании с закрытой крышей, достигшими 31–32 фута по прямой от места зарождения до окончания. С учетом причудливо искривленной траектории они были более чем вдвое длиннее, так что если представить себе истечение этих самых длинных стримеров от начала

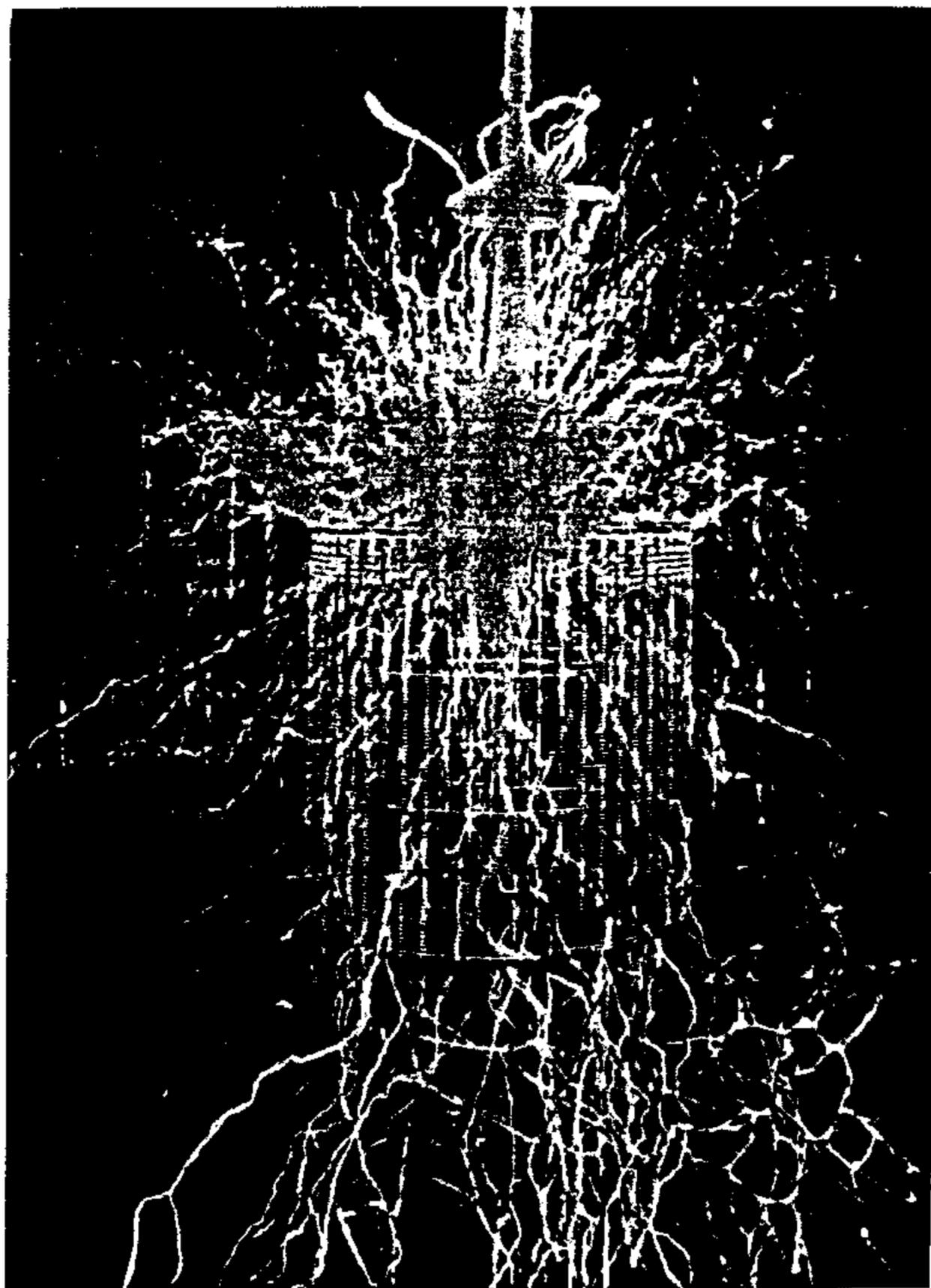


Фото VIII. Экстра-катушка (вид спереди) нормально возбужденная со стримерами, исходящими из диска, обращенного к фотоаппарату

до конца, то фактическая траектория разряда в воздухе была примерно в пределах 124–128 футов! Я думаю, если бы здание позволяло, с помощью нашей установки, при условии увеличения меди в генераторе в 2–3 раза, мы могли бы получить разряд, простирающийся на расстояние примерно в два раза большее; а если устранить некоторые дефекты данного типа генератора колебаний, то в дальнейшем можно было бы добиться увеличения еще примерно на 50%, так что я могу надеяться, исходя из этого расчета, на достижение длины от 372 до 384 футов от начала до конца. Будь это на промышленном предприятии, я бы рекомендовал поднимать напряжение еще больше, и трудности, связанные с этим, теперь не кажутся мне непреодолимыми. На этой фотографии некоторые особенности, отмечавшиеся ранее, видны даже лучше, чем на предыдущих пластинах. Например, хорошо видны большая яркость свечения внизу, где искровой разряд ударяет в пол, «всплеск» разряда, разветвление и прерывание стримера. Но самая любопытная особенность – это явление «огненных шаров». Как уже отмечалось в предыдущем описании, на стримере, даже если он не такой мощный, как те, что показаны здесь, может иногда появляться одно или несколько мест с большей яркостью свечения, чем остальные. На фотопластине эффект такого рода может получиться при внезапном изгибе или повороте, однако фактическое появление таких светящихся пятен или точек очевидно. В описываемом здесь случае стримеры были очень мощными, и пятна, когда они появлялись, были около дюйма или, возможно, больше в диаметре, настоящие шаровые молнии. А в чем же причина их образования? Я объясняю их появление присутствием в воздухе, именно в этом пятне, некоего вещества, природа которого такова, что при нагревании оно увеличивает яркость свечения. Возможно, к появлению феномена имеет отношение натрий. Но светящийся «шар» чрезвычайно скоротечен, и потому не отпечатывается на пластине достаточно ясно, несмотря на его яркое свечение. Можно только отметить небольшое светящееся пятно неправильной формы на стримере – отпечаток центральной части «шара». Весьма вероятно, что образование шаровой молнии может быть связано с процессом, родственном взрыву или моментальному улетучиванию. Опять в этом случае была использована фотопластина того же типа, а колебания экстра-катушки были лишь чуть быстрее нормальных.

X. Эта фотопластина иллюстрирует разряд, исходящий из верхней части экстра-катушки, от латунного кольца, упоминавшегося ранее, по всей его поверхности. В этом опыте, чтобы создать более красочный эффект, рубильник включали 200 раз, но замыкание цепи было минимальным по длительности насколько возможно – $\frac{1}{4}$ или $\frac{1}{5}$ секунды. На фотопластинах VII, VIII и IX было сделано сто замыканий рубильника. Эта фотография в высшей степени великолепна, хотя стримеры не столь большие, как в некоторых предыдущих случаях. Искровые разряды, время от времени достигавшие

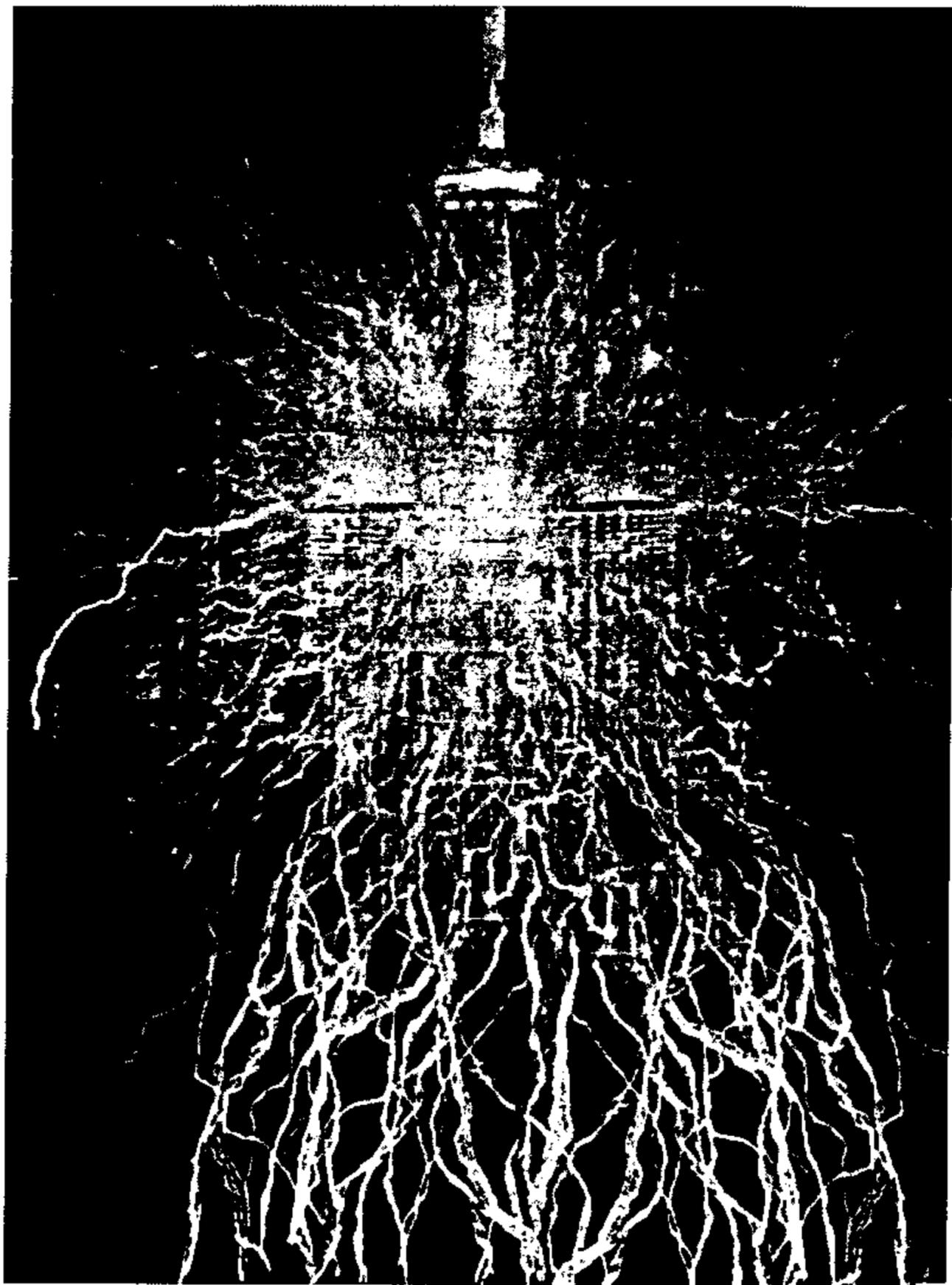


Фото IX. Экстра-катушка со стримерами и искровыми разрядами от заостренного провода, находящегося перед фотоаппаратом

кольца, весьма усиливают эффект. Стримеры имеют тонкую структуру, но не совсем такую, как на фотопластине, описанной под номером VII. Причина в том, что ранее упоминавшееся латунное кольцо, имея большой диаметр, не позволяет стримерам исходить из него с той же легкостью, как это происходит с тонким проводом, и поэтому стримеры в большей или меньшей степени напоминают своим видом искровые разряды, но при этом они толще и ярче, голубовато-белые в истоке, в то время как стримеры, исходящие от заостренных терминалов, имеют красноватый оттенок, иногда почти пурпурный, они менее шумные и более слабого свечения, поэтому они не отображаются на пластине так же явно, как стримеры, которые исходят от поверхности со сравнительно большим радиусом кривизны в той или иной степени пробивного свойства и которые напоминают искровые разряды в точке исхода от вывода. В этом эксперименте, добавлю, колебания экстра-катушки были близки к норме, фотопластина того же типа, а экспозиция дуговой лампой,

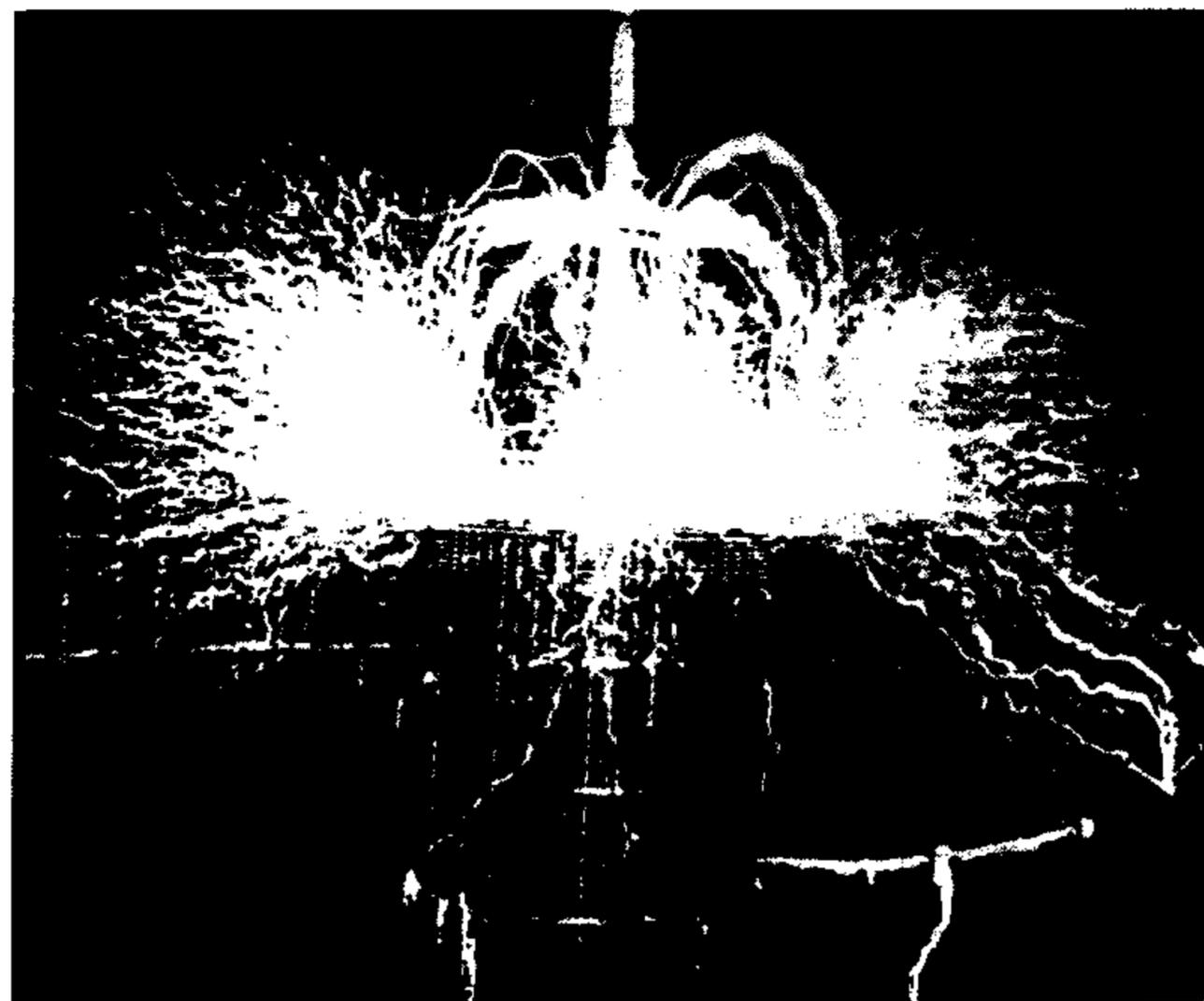


Фото X. Разряд, исходящий от латунного кольца на вершине экстра катушки

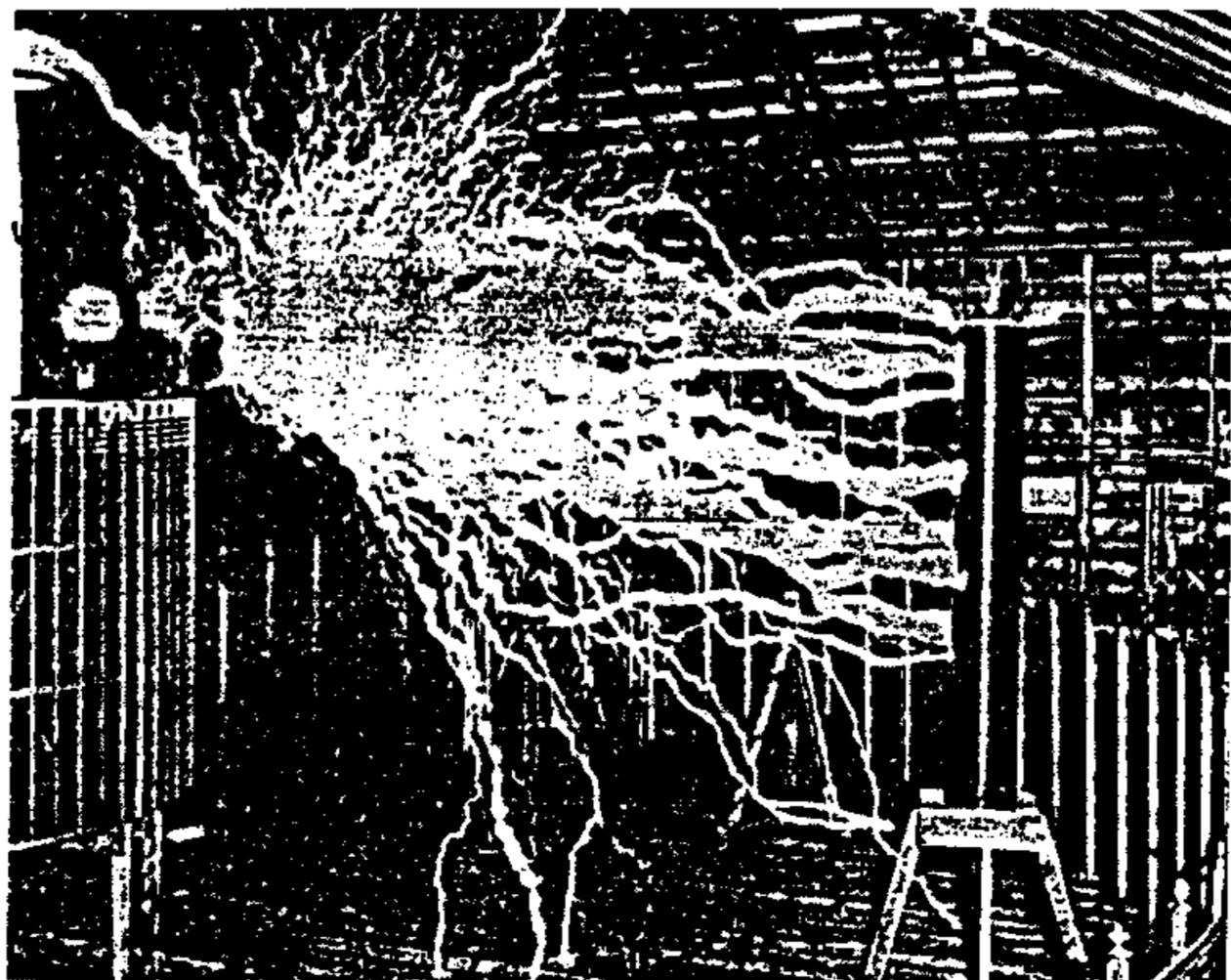


Фото XI. Разряд, идущий буквально на фотокамеру, от центральной катушки к другой, расположенной на штативе. М-р Алли сидит на стуле

как указывалось в предыдущих случаях, около 15 минут, примерно половина света отсекается объективом.

XI. Фотопластина иллюстрирует разряд, идущий буквально на фотокамеру, от центральной катушки через лабораторию к другой катушке на вертикальном штативе. По моим подсчетам, в этом случае искровые разряды составляли 15 футов, возможно, больше. Искровые разряды очень мощные и сверкающие. Такой разряд получился после 50 последовательных замыканий рубильника, эксперимент, естественно, проводился в темное время. Затем мы провели экспозицию с помощью дуговой лампы в течение 10 минут при почти полностью открытом объективе и с участием экспериментатора (г-на Алли), сидевшего на стуле. Мы ввели в кадр фигуру человека, чтобы дать представление о размерах разряда.

XII. Этот эксперимент мы повторили с катушкой на штативе, помещенном на большем расстоянии от центральной катушки. Искровые разряды

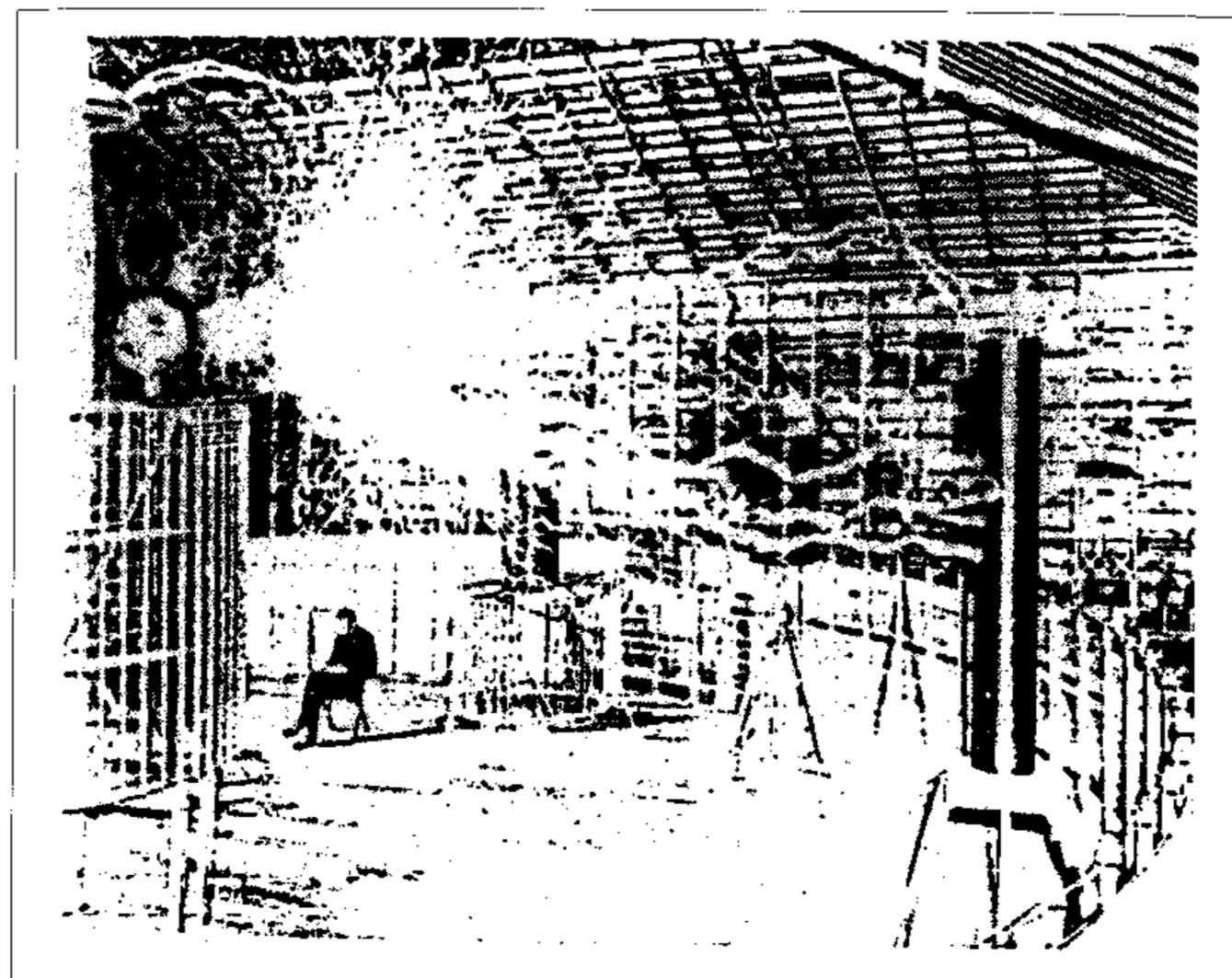


Фото XII. Повтор эксперимента, представленного на фото XI, но с Теслой, сидящем на стуле

были около 20 футов по прямой. Как и прежде, произвели пятьдесят включений рубильника. На этот раз внесли небольшие изменения в процедуру, воспользовавшись $\frac{1}{3}$ порошка Истмана для вспышки, чтобы узнавались черты моего лица.

XIII, XIV. На этих двух фотопластинах изображение получилось более эффектным, так как мы заставили стримеры исходить симметрично от шара диаметром 8", имевшего по два провода с каждой стороны. Было сделано пятьдесят включений рубильника, и процесс протекал так же, как на фото XII. Во всех описаниях, сделанных позднее, фотопластины и другие детали были такие же, как и раньше.

Примечание. Объектив открыт, дуговая лампа, 5 мин.

Пояснение к предыдущему описанию фотографий, сделанных г-ном Алли:

Как уже отмечалось, в большинстве случаев, когда была отснята новая экстра-катушка в действии, колебания в системе, в которую она входила, были около нормы, но имели небольшие изменения, обусловленные присоединением выводов с относительно малой емкостью. Система экстра-катушки была, в частности, настроена на колебания первичной системы, которая определялась одним первичным витком (два первичных запараллеленных кабеля) со всеми сосудами — два комплекта в последовательном соединении — и с регулировочной катушкой за вычетом 1/2 витка. В этих условиях вторичная

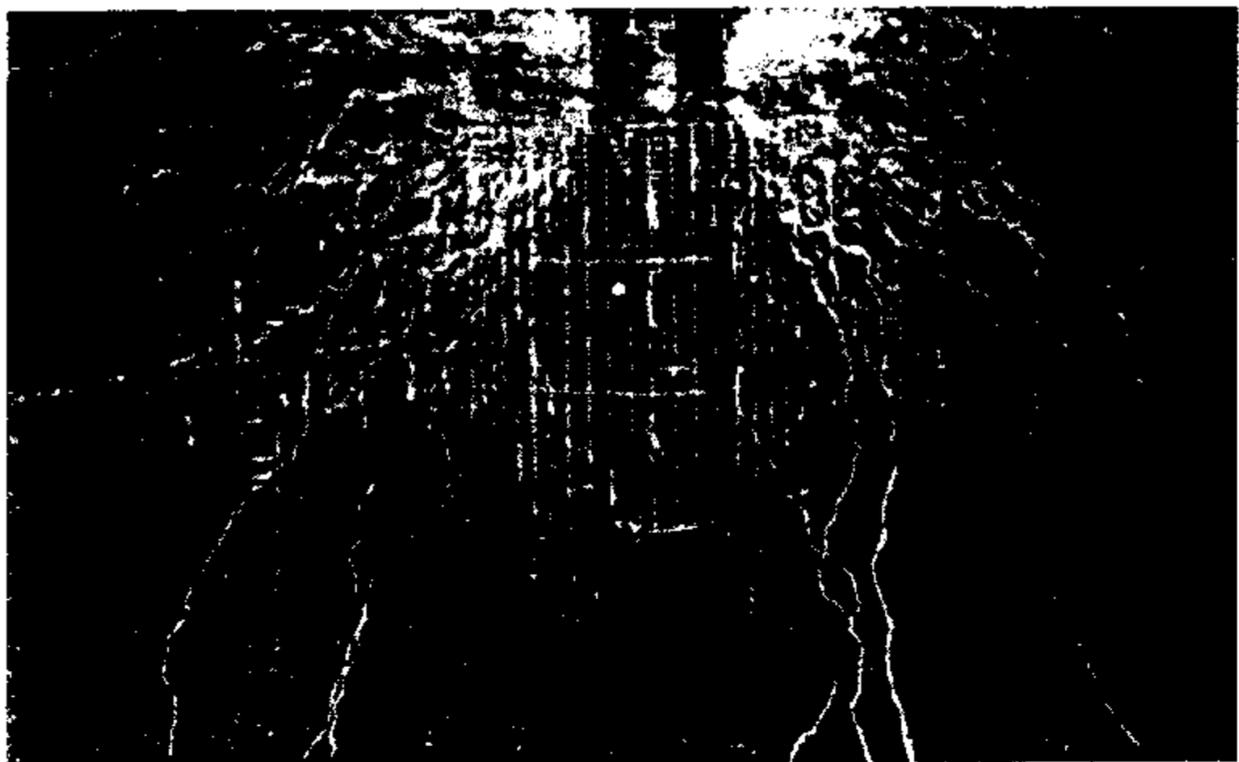


Фото XIII. Стримеры, исходящие симметрично от шара с двумя проводами на каждой стороне. Сидит г-н Алли



Фото XIV. Повтор эксперимента, представленного на фото XIII, с Теслой, сидящим впереди

Colorado Spring Nov. 14. 1899

Some experiments with coil having 1214 turns
 wound on core 14" dia. & fed by the wire in
 cut. The middle end the two parts 657 turns
 each. Consider a multiple. The self-induction in the
 primary $\frac{1}{2}$ of the self-induction which it had in
 ordinary. Readings were taken to determine the
 inductance when the two parts were connected in series.
 These readings were:

E in V	$\left\{ \begin{matrix} 210 \\ 212 \\ 210 \end{matrix} \right\}$	C	$\left\{ \begin{matrix} 100.7 \\ 101.6 \\ 100.5 \end{matrix} \right\}$	average values:	E	C	L
					212	101.6	540

$R = 1.1 \text{ ohms.}$

from this $\left(\frac{E}{C}\right) = 20, \left(\frac{E}{C}\right)^2 = 400 \quad R^2 = 62.41$

$\left(\frac{E}{C}\right)^2 - R^2 = 337.59 \quad \sqrt{\left(\frac{E}{C}\right)^2 - R^2} = 18.375$

$L = \frac{18.375 \times 10^9}{440} \text{ C. m.}$

$= 20,856,22 \text{ C. m.} \quad \text{or} \quad 20,856,220 \text{ C. m.}$

The inductance of the coil in ordinary use
 would be less than this.

$= 18,520,000 \text{ C. m.}$

цепь оказывала очень сильную реакцию на первичную, изменяя индуктивность последней, так что индуктивность первичного витка, вместо зафиксированных ранее приблизительно 57 000 см, снизилась примерно до 41 000 см. А индуктивность соединений с конденсаторами и $1/2$ витка регулировочной катушки составила, в чем можно удостовериться, заглянув в таблицу, на которую мы часто ссылаемся, 6 000 см. Таким образом, общая индуктивность первичной цепи в данных условиях, благодаря резонирующей вторичной цепи, составила только $41\,000 + 6\,000 = 47\,000$ см, или $47/10^6$ генри. Ну, а емкость в первичной цепи составляла восемь камер, поделенных на два комплекта, т.е. в итоге четыре камеры, или $4 \times 36 = 144$ бутылки, или $144 \times 0.009 = 0.1296$ мкФ приблизительно. Следовательно, период был равен

$$T_p = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{0.1296 \times \frac{47}{10^6}} = \frac{2\pi}{10^6} \sqrt{6.0912} = \frac{2\pi}{10^6} \times 2.47 = \frac{15.512}{10^6},$$

или $n = 64\,466$ в секунду или около того. Это значительно более быстрые колебания, чем когда вторичная цепь не активна. Так как экстра-катушка сама не обладала значительной индуктивностью, последовательно с ней была подключена еще одна катушка, чтобы обеспечить условие для резонанса с упомянутыми выше колебаниями первичной цепи. Эта последняя катушка была намотана проводом № 6 на прежний барабан диаметром 2 фута и длиной 6 футов. Подробности об этой катушке будут даны в следующей дневниковой записи.

8

КОЛОРАДО-СПРИНГС
ДНЕВНИКИ
1-7 ЯНВАРЯ, 1900

Colorado Springs July 11. 1899.

Let $L = \pi D^2$ $L_1 = 4(T+4)$ Hence the inductance will be
 $L = \frac{\pi \cdot 50^2 \cdot N^2}{4(T+4)10^7} = \frac{\pi \cdot 50^2 \cdot N^2}{(T+4)10^7}$ Henry. Taking these values for L and C.
 we have an expression for $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ = $\frac{1}{2\pi\sqrt{\frac{\pi \cdot 50^2 \cdot N^2}{(T+4)10^7} \cdot \frac{4 \cdot 10^{-6}}{T \cdot 10^9}}}$
 $f = \frac{(5 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 10^{10})}{\pi \cdot 50^2 \cdot L \cdot N^2 \cdot T}$ Hence in the preceding the diameter of
 the drum is omitted for practical considerations it will be
 convenient to find the number of turns N. The quantities D and
 T are of course interdependent since by increasing D and keeping
 on the perimeter to be obtained before hand T is practically given. The
 diameter of the wire will in most cases also be omitted before hand
 in that case merely N is to be determined by using the condition
 of resonance for any frequency specified. Now $L = \pi D^2 N^2$
 hence substituting this in above formula:
 $f = \frac{(5 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 10^{10})}{\pi \cdot 50^2 \cdot L \cdot N^2 \cdot T}$ or $f = \frac{(5 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 10^{10})}{\pi \cdot 50^2 \cdot L \cdot N^2 \cdot T}$ and from this
 we get $N = \frac{(5 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 10^{10})}{\pi \cdot 50^2 \cdot L \cdot T \cdot f^2}$ or $N = \frac{32000 \sqrt{50000}}{D^2 \cdot T \cdot f^2 \cdot 10^7}$ This
 formula may serve to give an approximate idea how many turns
 are to be wound on a drum when the length of the wire, owing
 to the expansion of the wire is smaller than $\frac{D}{4}$, (for
 expansion smaller than $\frac{D}{4}$, if the wire is not one of the kind illustrated in the
 above, that is one, in which the potential on one hemisphere is very
 high than on the other, but an ordinary wire, in which there
 is a gradual rise and fall of potential at both the hemispheres), but
 the question remains that to be neglected (constant) is a low number in
 11

Колорадо-Спрингс

1 января, 1900

Фотографии за 22 и 23 декабря из серии снимков, выполненных г-ном Алли с 17 по 31 декабря 1899 года, и их описание

XV. Представляет лампу накаливания в 16 свечей 100 В, помещенную снаружи, в поле, и два провода, идущие к ней. Земля покрыта снегом. Лампа светится.

XVI. Тот же сюжет с тремя светящимися лампами по 16 свечей, 100 В, расположенными на снегу. Лампы имеют соединение в виде многократной дуги.

XVII. На фотографии еще раз запечатлена та же картина с тремя лампами. Для усиления эффекта лампы на этот раз размещены на черной ткани. Эти фотографии сделаны при следующих условиях:

Провод, равный сечению провода № 10, выложен в поле в виде квадрата со стороной $62' 5'' = 749'' = 1902.5$ см; центр квадрата находился на расстоянии чуть больше 60 футов $= 720'' = 1830$ см от центра первичной петли генератора колебаний, который был в лаборатории. Концы квадрата подключены к двум малым конденсаторам, соединенным параллельно, каждый емкостью чуть менее $\frac{1}{20}$ мкФ. Пренебрегая емкостью шнура на фоне емкости конденсаторов, определяем общую эффективную емкость этой системы, составившую, при достаточном приближении, $\frac{1}{10}$ мкФ, или 90 000 см. Индуктивность квадрата, если рассматривать его как две пары параллельных проводов, составляла

$$L_s = 2 \times 2l \left(\log_e \frac{d^2}{rr'} + \frac{1}{2} \right),$$

в данном случае $l = 1902.5$ см, $d = 1902.5$ см, $r = r' = 0.254$ см

$$\frac{d^2}{r'r} = \frac{d^2}{r^2} = \left(\frac{d}{r} \right)^2 = \left(\frac{1902.5}{0.254} \right)^2 = (7500)^2 \text{ и}$$

$$L_s = 4 \times 1902.5 \times (\log_e 7500^2 + \frac{1}{2}) = 7610 \times (17.825 + 0.5) = 7610 \times 18.325 = 761 \times 183.25$$

$$\log 7500 = 3.875061 \quad L_s = 139450 \text{ см, или } \frac{13945}{10^8} \text{ генри}$$

$$2 \log 7500 = 7.750122, \quad 2 \log_e 7500 = 7.75 \times 2.3 = 17.825 \text{ приблизительно.}$$

Из вышеприведенного получаем значение периода вторичной системы:

$$T_s = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{0.1 \times \frac{13945}{10^8}} = \frac{2\pi}{10^7} \sqrt{1394.5} = \frac{2\pi \times 37.34}{10^7} = \frac{234.5}{10^7},$$

а это даст нам $n = 42640$ приблизительно в секунду.

Резонанс в этом контуре появился при подключении всех сосудов обычным способом и при двух запараллеленных первичных витках, кроме этого, в первичном контуре имелось $18 \frac{1}{2}$ витка регулировочной катушки. Это дает приблизительную величину емкости первичной цепи, или цепи возбуждения, которая складывается из $\frac{8 \times 36}{2}$ сосуда = 144 сосуда, или бутылкам, $= 0.0009 \times$
 $\times 144 = 0.1296$ мкФ.

Отбросим на мгновение ответную реакцию вторичной цепи (то есть воздействие вторичного контура осциллятора на первичный контур, при этом первый из названных выбит из ритма путем последовательного присоединения к нему некой индуктивности), тогда индуктивность первичного контура, если исходить из ранее приводившихся данных относительно первичных витков и регулировочной катушки, составила 122 000 см. Однако результат расчета

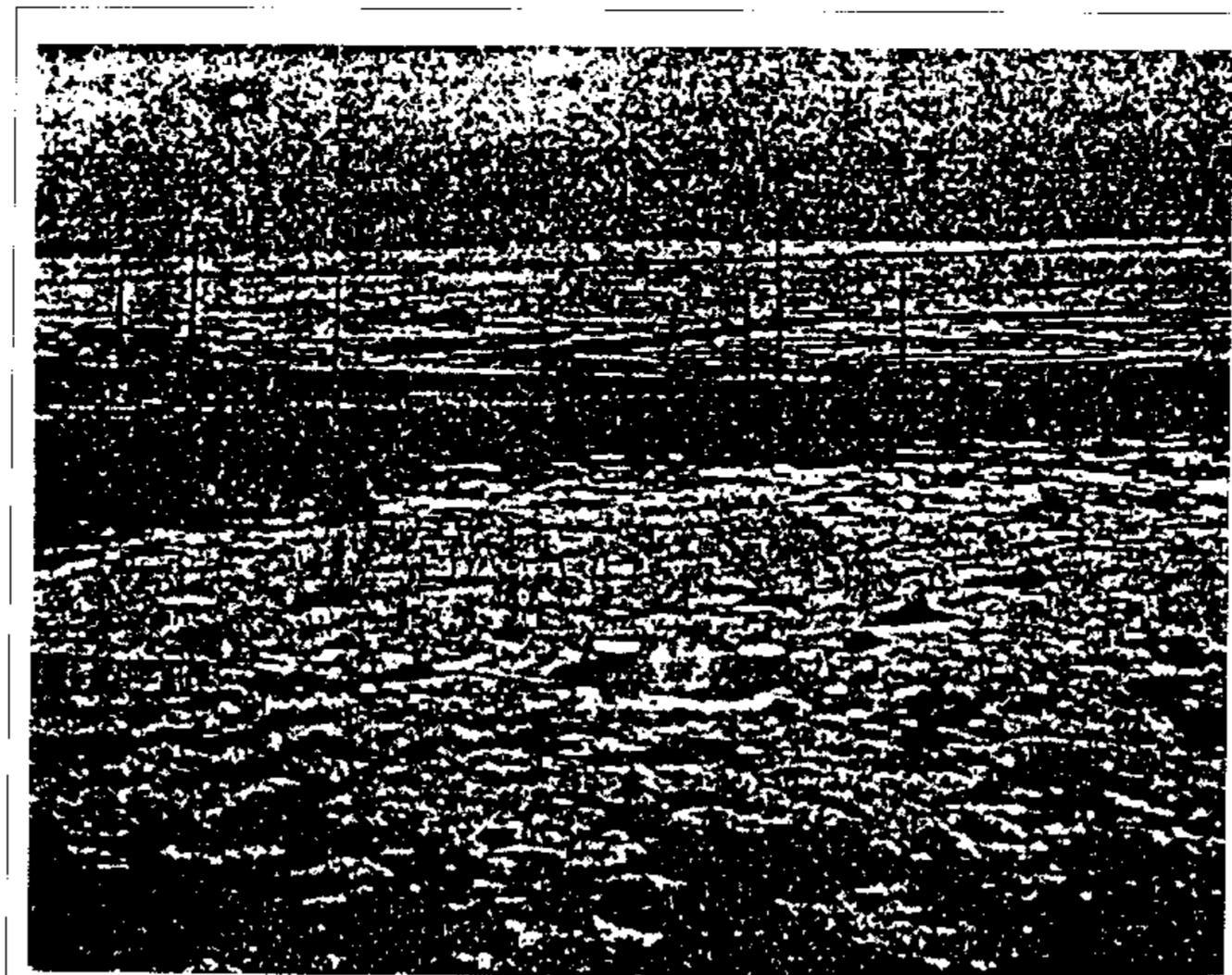


Фото XVII (?) Запечатлен эксперимент, демонстрирующий индуктивное воздействие электрического генератора большой мощности.

Представленная фотография воспроизведена из статьи Теслы, в которой показаны несколько иные значения тока и расположение

индуктивности по уравнению

$$\frac{2\pi}{10^3} \sqrt{0.1296 \times L_p} = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{0.1 \times \frac{13945}{10^8}} = \frac{234.5}{10^7}$$

оказался меньше, составив фактически лишь около 108 000 см. Очевидно, истинным является меньшее значение, будучи фактической величиной индуктивности первичного контура, претерпевшей изменения под воздействием вторичного контура осциллятора и вторичной цепи, от которой зажигаются лампы. Был виден небольшой стример, готовый сорваться со свободного вывода вторичного контура, следовательно, он, безусловно, оказывал влияние на первичный контур, снижая индуктивность. Реакция вторичного контура, в результате чего начинали светиться лампы, была сравнительно слабой. Чтобы лампы не лопались, ток питающих трансформаторов значительно уменьшили. Полагаю, что таким способом, доводя возбуждение первичной петли до нормального порога, можно было бы зажечь до 30 ламп.

Было сделано четыре фотоснимка разряда во вторичном контуре последнего варианта — 20 витков из двух проводов № 10. Первичный контур состоял из одного витка, который представлял собой два кабеля, соединенных параллельно. Таким образом, при коэффициенте преобразования 1:20, эдс на выводах вторичного контура, при условии возбуждения первичного на полную мощность, составляла около 400 000 вольт. Благодаря низкому сопротивлению вторичной цепи — предельно низкому, если принять во внимание высокую эдс, — разряд был очень мощным, ослепительно ярким, буквально слепящим, и стал источником оглушительного шума. Мощность дуги в свечах эквивалентна таковой пяти или шести дуговых ламп обычной интенсивности. По крайней мере, я делаю такой вывод из сравнительных испытаний. Фотографии сделаны при экспозиции объектов светом разряда на вторичном контуре, и по времени она длилась лишь малую долю того времени, которое необходимо дуговой лампе, чтобы сделать отпечаток на фотопластине. Разряд во вторичном контуре этого аппарата такой мощный, что всегда возникали опасения за сохранность лаборатории и оборудования внутри помещения. Не раз в лаборатории вспыхивал огонь от искровых разрядов, исходивших от какого-нибудь гвоздя, провода или любого иного проводника. Когда происходил разряд, было видно, как искры разлетались по всей лаборатории от одного объекта до другого, и становилось ясно, что достаточно рискованно допускать прохождение искр от свободного вывода к земле, потому что в проводниках создавались короткие волны, а они были как нельзя более подходящими для пробоя изоляции любого прибора в контуре или цепей, связанных с осциллятором или проходящих вблизи него. Это опасное свойство проявляют, главным образом, короткие волны, и риск в значительной степени уменьшался, когда вторичный контур разряжался не непосредственно в короткое заземление, а пропускал заряд через катушку, т.е. катушку индуктивности, что

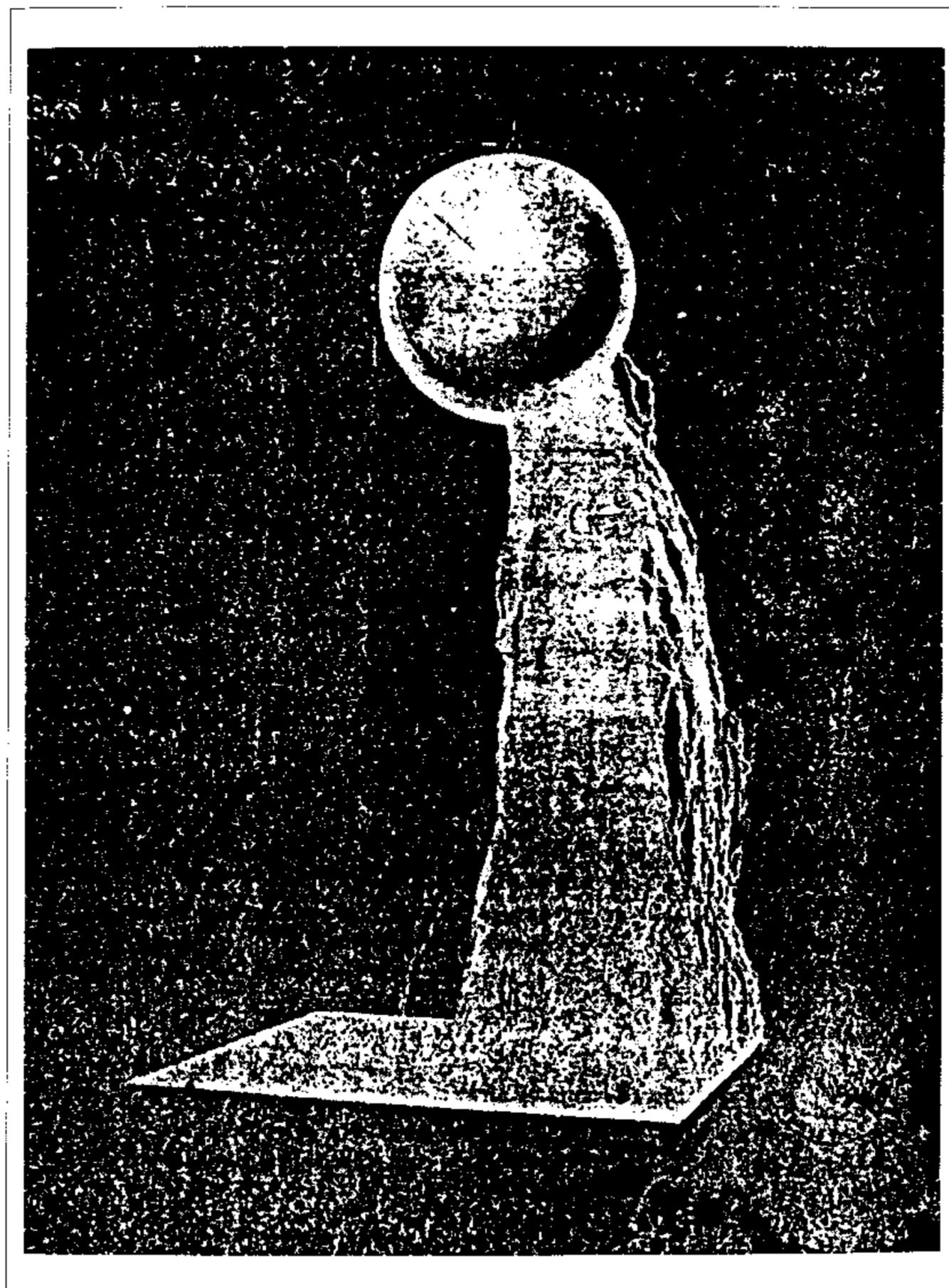


Фото XIX. Разряд между шаром диаметром 30" и пластиной заземления

замедляло колебания и препятствовало образованию очень высоких гармоник. Когда происходил разряд, подобный тем, которые были сфотографированы в ходе экспериментов, над разрядниками имело место постоянное и яркое искрение, и на динамо-машине на питающей станции сразу же случалось короткое замыкание.

Принимая во внимание то обстоятельство, что дуговой разряд на разрядниках происходит почти непрерывно, следует признать, что эти разрядники действуют очень хорошо. Разряд, по причине страшно громкого, им же порождаемого шума, вызывает сильнейшее раздражение и, я считаю, является опасным для барабанной полости уха. После опыта в ушах ощущается боль, а гул может длиться часами. Если бы искомым моментом была передача сигнала посредством очень коротких волн, ничего лучшего нельзя было бы применить, чем такого рода вторичный разряд. Хотя я и не проверял, результат воздействия разряда на очень большом расстоянии, исходя из сравнения с другими индукционными устройствами, с которыми проводились эксперименты, прихожу к выводу, что он, несомненно, мог бы воздействовать на чувствительное устройство на расстоянии в одну тысячу миль и, вероятно, на большем расстоянии. Большая яркость разряда отчасти обусловлена сравнительно большой емкостью вторичного контура, который, как ранее было показано, не нуждаясь в дополнительных атрибутах, является по сути своего рода катушкой очень большого диаметра. При моментальном взгляде на дуговой разряд можно отчетливо увидеть собственно дугу, образующую центральную и сравнительно узкую часть светящейся траектории, вблизи которой с каждой стороны видна сверкающая лента шириной, вероятно, от $1/2$ " до 1". Когда происходит разряд, в некоторых местах между верхними витками вторичного контура иногда пробегают искровые разряды, а это доказывает, что расстояние между ними ни в коем случае не является слишком большим.

Из четырех фотопластин номер XVIII представляет разряд на вторичном контуре, истекающий из свободного конца, образованного проводом, идущим к пластине заземления.

Фотопластина XIX иллюстрирует разряд, происходящий между шаром диаметром 30" и пластиной заземления. В упомянутом выше случае разряд имеет длину $3 \frac{1}{2}$ " фута, в последнем — около 3 футов. Эти фотографии были сделаны объективом, открытым примерно наполовину, тем не менее изображение разряда получилось нечетким, поскольку, хотя фокусирование и было тщательным, упоминавшаяся широкая светящаяся лента на каждой стороне самой дуги смазывает изображение. Для получения фотоснимков лучшего качества мы экспонировали еще две фотопластины, одну, идентичную пластине XVIII, под номером XX с изображением разряда между проводом и пластиной заземления, и вторую под номером XXI, иллюстрирующую разряд, проскакивающий между шаром диаметром 18" и пластиной заземления. В этих случаях применили малую диафрагму, и изображения получились

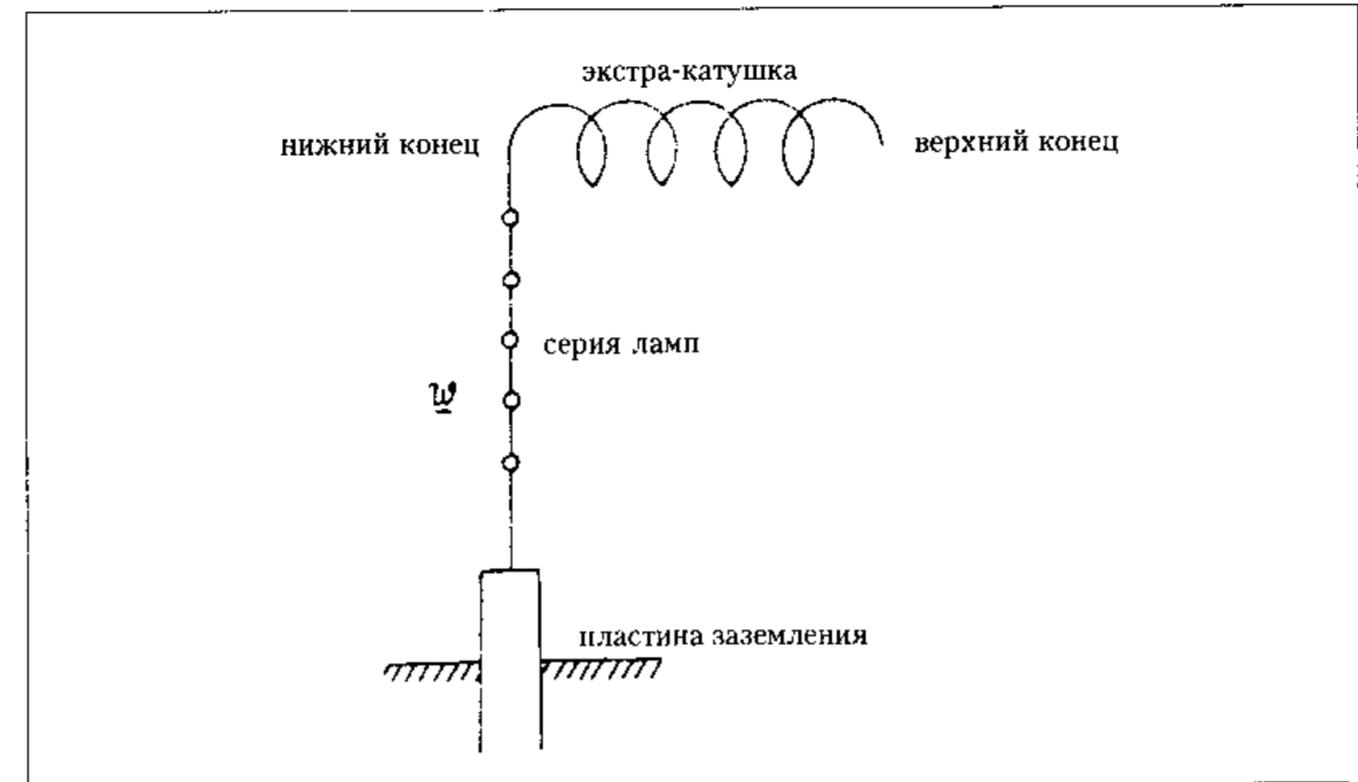
более резкими. Чтобы добиться совершенной четкости, отверстие диафрагмы должно быть с булавочную головку. Колебания в этих четырех случаях были нормальными, как было установлено ранее, в первичной цепи один виток и задействованы все сосуды; 25 включений рубильника на очень короткое время, после этого — вспышка.

Колорадо-Спрингс

2 января, 1900

Фотографии, снятые г-ном Алли с 17 по 31 декабря 1899 года,
и их описание

XXII. На этой фотографии представлена новая экстра-катушка с последними изменениями: 98 витков провода № 6 и два витка или около того наверху провода № 10, покрытых резиной толщиной $3/8$ ". Этот провод неоднократно упоминался в предыдущих записях. Его использование оказалось необходимым при проведении многих из зарегистрированных экспериментов, цель которых — предотвращение или, по крайней мере, снижение утечек. Во многих случаях, несмотря на высочайшее качество и значительную толщину изоляции, последняя оказалась недостаточной и не выдерживала напряжения, о чем наглядно свидетельствует ряд фотографий с изображениями действующей катушки, возбужденной на полную мощность.



На снимке видны пять ламп накаливания в состоянии свечения — в значительно большей степени, чем сила света стандартной свечи, расположенных на столе перед катушкой. Лампы соединены последовательно, и один конец этой цепи заземлен с помощью провода, который виден внизу [снимка], в то время как другой конец последовательной цепи лампы соединен с нижним концом катушки, при этом ее верхний конец полностью изолирован и удален от объектов, которые могли бы оказывать на него индуктивное воздействие. Способ соединений лучше всего разъяснить с помощью представленной здесь схемы. В показанном на фотографии эксперименте нет никакой существенной индуктивности, влияющей на экстра-катушку, так как провода собственной индуктивности, намотанные на деревянную конструкцию, которую видно на заднем плане за катушкой, замкнуты накоротко. Один из выводов конденсаторов заземлен, так что, когда они разряжаются с помощью цепи, состоящей главным образом из некоторого количества витков регулировочной катушки, происходят мощные, распространяющиеся через землю колебания, которые посредством провода заземления W достигают экстра-катушки. Вообще-то, энергия, которую можно передавать на катушку таким способом, бывает очень незначительной, но, если колебания, проходящие через землю, имеют точно такую же частоту, что и сама система экстра-катушки, в катушку поступает значительный ток, и она в этом случае действует подобно отверстию в трубе, через которую с помощью пульсирующего поршня нагнетается жидкость. Поскольку коэффициент увеличения у катушки очень большой, слабые импульсы, достигающие заземляющего провода и лампы, увеличивают приложенную эдс и создают значительное перемещение электричества через лампы, которые начинают ярко светиться, как это и видно на фотографии. В этом эксперименте емкость в возбуждающем колебательном контуре, который передает колебания на землю, и провод W , составляли три камеры с обеих сторон, или в итоге $1\frac{1}{2}$ камеры, то есть 54 бутылки, или $0.0009 \times 54 = 0.0486$ мкФ приблизительно. Суммарная индуктивность имела значение $41\,000$ см + индуктивность $6\frac{1}{4}$ витка регулировочной катушки = $41\,000 + 19\,368 = 60\,000$ см приблизительно, или 0.00006 генри. Отсюда приблизительно период колебаний, которые передаются на землю, может быть определен как

$$T_p = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{0.0486 \times \frac{6}{10^5}} = \frac{2\pi}{10^5} \sqrt{0.02916} = \frac{2\pi}{10^5} \times 0.1708 = \frac{1.074}{10^5}$$

зительно, $n = 93\,110$, $p = 585\,000$ приблизительно, значение λ может, вероятно, быть весьма близким к 2 милям, а $\lambda/4 = \frac{1}{2}$ мили, или около 2640 футов. Фактически длина проводного соединения в возбужденной системе, то есть в экстра-катушке и заземляющем проводе, по результатам измерений, оказалась равной 2660 футам: 98 витков провода № 6, $25' 11''$ каждый виток = $2540' + \frac{3}{4}$ витка кабеля внутри вторичного каркаса = $112''$ + продолжение заземляющего кабеля снаружи контура к пластине заземления = $28' +$ провод $w = 20' +$ об-

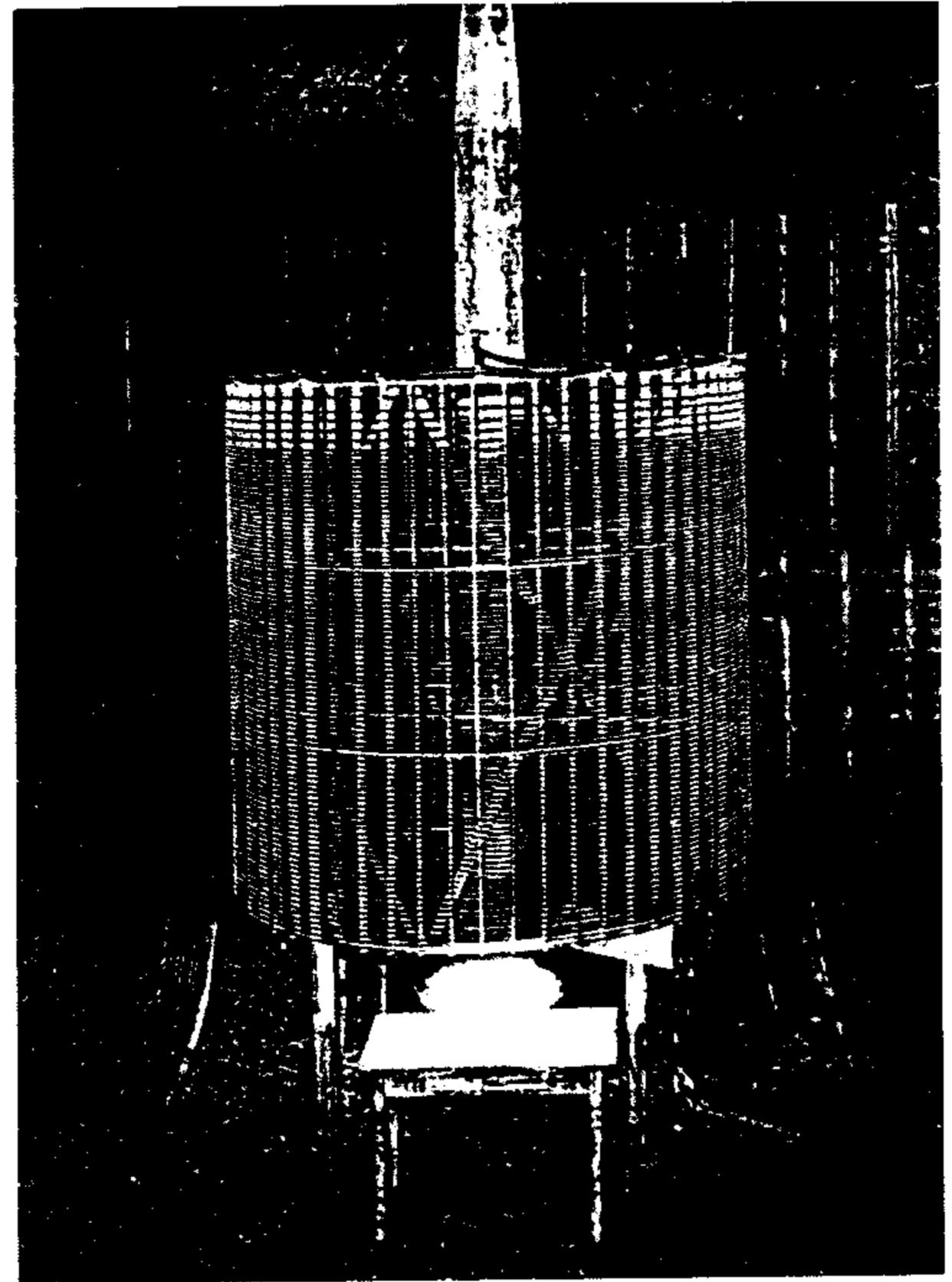


Фото XXII. Пять ламп накаливания в состоянии свечения, вызванного током, проходящим через пространство от экстра-катушки к пластине заземления

резинешный провод на верху катушки = 50', таким образом суммарно 2450' + 112' + 28' + 20' + 50' = 2660 футов. Исходя из вышеприведенных данных и принимая сопротивление экстра-катушки за 1 ом (фактически, чуть меньше), определяем коэффициент увеличения для катушки отдельно как

$$\frac{pL}{R} = \frac{585000 \times 0.018}{1} = 10530.$$

Впрочем, если принять во внимание то обстоятельство, что сопротивление ламп, по грубому расчету, было примерно 1000 ом, то, при условии включения последних в систему, коэффициент составил бы только около 1/1000 полученного значения, или, приблизительно, лишь 10.5. Но я считаю, что сопротивление ламп, управляемых токами такой предельно высокой частоты, гораздо меньше, чем сопротивление, замеренное обычными методами. Токи, генерируемые такими способами, какие были здесь применены, имеют очень высокие предельные значения, и угольный электрод периодически доводится до значительно более высокой температуры, чем при работе с постоянными токами или токами обычной частоты. Я наблюдал это многократно. Более того, когда используются токи, подобные генерируемым здесь, некоторая часть разряда проходит также и через разреженный газ в колбе лампы, и по этой причине происходит соответствующее уменьшение эффективного сопротивления лампы. Я даже считаю, что это [явление] обусловлено главным образом тем, что сопротивление становится очень незначительным, а такие токи, как известно, проходят максимально свободно через разреженный газ, особенно при условии, что в нем поддерживается высокая температура, как это и происходит в рассматриваемом случае. Эффект от нагрева газа проявляется в усилении накала угольного электрода, и опыт наглядно доказывает, что лампа накаливания потребляет на единицу заданной яркости меньше энергии при работе с токами таких сверхвысоких частот. По этим причинам коэффициент увеличения возбужденной системы, даже с учетом ламп, должен быть гораздо большим, чем вышеупомянутое число. Мы испытали изумление, рассматривая запечатленный на фотопластине эксперимент: как много энергии можно передать этим способом на тщательно синхронизированную катушку через землю.

Питающие трансформаторы с помощью регулировочной катушки в первичной цепи сократили потребление более чем наполовину, фактически, примерно до $1/3$ полной величины, и поскольку из имевшихся 8 камер были задействованы только 3 камеры с обеих сторон, очевидно, что, если бы возбужденная система была спроектирована для работы с полной выходной мощностью аппарата возбуждения, было бы вполне осуществимо заставить светиться, скажем, в $3 \times 8/3 = 8$ раз больше ламп, или около 40 ламп. Тем не менее, поскольку пять ламп имели намного большую силу света, было бы, по всей вероятности, возможно заставить светиться 60 ламп или около того с обычной силой света свечи, используя специально спроектированную катушку с

большим содержанием меди, которая будет колебаться в унисон с системой, возбуждающей ту часть земли, где находится пластина заземления. Ничто не может дать лучшее представление о потрясающем действии этой установки, и простое сравнение с хорошо выверенными данными, полученными на других индукционных установках, доказывает, что одна из исследуемых здесь проблем, а именно создание средств связи с любой точкой земного шара, независимо от расстояния, очень близка к своему решению. Существование стоячих волн доказывает почти с полной бесспорностью осуществимость этого проекта. Огромное количество энергии, которую можно передавать на такой синхронизированный контур в режиме через землю, побуждает воспринимать в качестве осуществимого решение, при котором во многих случаях можно отказаться от необходимости поднимать на высоту выводы в моей системе передачи энергии на расстояние, а при весьма умеренном подъеме на высоту, скажем, в несколько сотен футов, можно передавать в контур достаточное количество энергии, которую можно использовать для той или иной полезной цели, выходящей за рамки простой передачи сигнала, или для таких применений установки, где требуется очень незначительное количество энергии. Естественно, в некоторых экспериментах с этим аппаратом количество энергии, передаваемое этим способом, вызывало поначалу удивление. В этой связи представляется интересным следующий ход рассуждений: как указывалось выше, период первичной цепи, или цепи возбуждения, в режиме резонанса с экстра-катушкой имел значение

$$T_p = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{0.0486 \times \frac{6}{10^3}}.$$

А период возбужденной системы был равен

$$T_p = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{0.018 \times C_s},$$

где C_s есть «идеальная» емкость, определенная в предыдущих опытах, то есть емкость, которая должна быть присоединена к свободному концу экстра-катушки с индуктивностью в 0.018 генри, но полностью, без учета распределенной емкости. Поскольку $T_p = T_s$, мы находим

$$C_s = \frac{0.0486 \times \frac{6}{10^5}}{0.018} \text{ мкФ, или}$$

$$C_s = \frac{9 \times 10^5 \times 0.0486 \times \frac{6}{10^5}}{0.018} = \frac{54 \times 0.0486}{0.018} = \frac{54 \times 486}{180} = \frac{3 \times 486}{10} = 145.8 \text{ см.}$$

Предположим, что идеальная система такого типа возбуждается описанным способом, тогда емкость на свободном конце получает заряд каждый раз, когда чередуется ток, и достигает потенциала P . Тогда, поскольку, как утверждалось выше, система в иллюстрируемом эксперименте колебалась с частотой около 93000 раз в секунду, суммарная энергия, приведенная в движение в системе, могла бы составить $2 \times 93000 \times \frac{P^2 \times 145.8}{2 \times 9 \times 10^{11}}$ ватт.

Допустим далее, что 1% суммарной энергии, приведенной в движение, уходит на лампы, и что их было 60, как это могло бы иметь место в описываемом здесь эксперименте. Пусть каждая лампа берет 50 ватт, тогда суммарная энергия, затраченная на лампы, составит 3000 ватт, следовательно, исходя из вышепринятых допущений, суммарная энергия, приведенная в движение в возбужденной системе, должна в 100 раз превышать это значение, т.е. должна составить 300000 ватт. Чтобы соответствовать этому условию, мы должны иметь

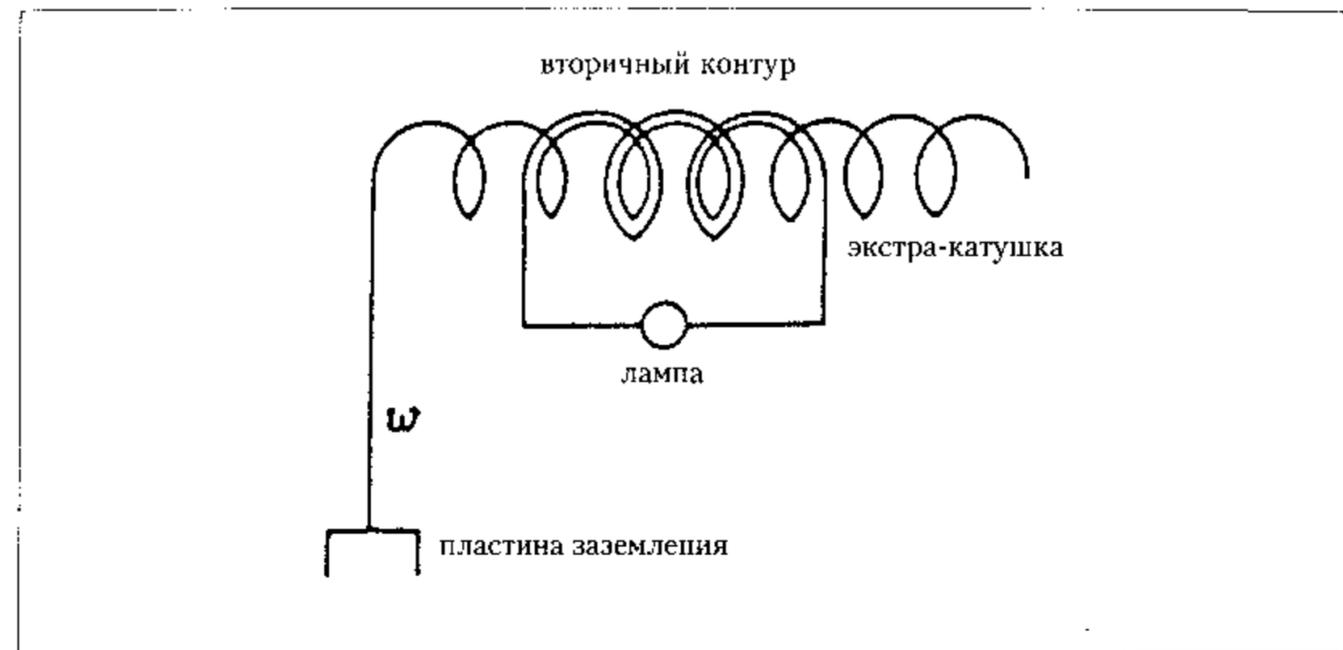
$$2 \times 93000 \times \frac{P^2 \times 145.8}{2 \times 9 \times 10^{11}} = 300000 \text{ и } P^2 = \frac{54 \times 10^{13}}{186 \times 145.8} = 10^{12} \times \frac{540}{186 \times 145.8}, \text{ или}$$

$$P = 10^6 \sqrt{\frac{540}{186 \times 145.8}} = 10^6 \sqrt{\frac{540}{27118.8}} = 10^6 \sqrt{0.02} \text{ приблизительно, или}$$

$$= 10^6 \sqrt{\frac{2}{100}} = 10^5 \sqrt{2} = 10^5 \times 1.414, \text{ или } P = 141400 \text{ вольт.}$$

Как видим, это не очень много, поскольку для того типа аппарата, который функционирует сейчас, такое напряжение чрезвычайно мало. Округлим значение P до 140000 вольт и будем считать, что пластина заземления находится на таком расстоянии, что она забирает лишь 1000 вольт, тогда коэффициент увеличения должен составлять всего лишь 140. Конечно, этот пример приведен лишь для того, чтобы утвердиться в том, что этим способом и с такой установкой можно передавать значительное количество энергии на удаленный контур, который соединен с землей только в одной точке непосредственно или, по желанию, через конденсатор.

Другая фотография (фотопластина XXIII), сделанная тем же аппаратом, иллюстрирует сходный эксперимент. Здесь экстра-катушка, как показано на схеме, соединена непосредственно через провод w с пластиной заземления, а другая катушка, обозначенная на схеме как вторичная, находится в индуктивной связи с экстра-катушкой, возбужденной таким же образом, как в ранее описанном эксперименте, и лампа начинает светиться от токов, генерируемых во вторичной катушке. Мы использовали только одну лампу, так



как целью фотосъемки была иллюстрация нового, ранее не проводившегося эксперимента, но, ссылаясь на вышесказанное, мы понимаем, что с помощью аппарата, используемого таким способом, могли бы светиться до 60 ламп или около того. Все условия были практически прежними. Вторичная [катушка] имела четыре витка, при этом возбуждение экстра-катушки уменьшилось, так что свечение лампы несколько превышало обычную силу света. В этом эксперименте, как и в предыдущем, рубильник на трансформаторе Вестингауза высокого напряжения включали и выключали около 50 раз и после этого, как обычно, провели фотосъемку части аппарата с помощью дуговой лампы; время экспозиции 10 минут при относительно малом отверстии объектива.

Чтобы вызвать к этим экспериментам еще бóльший интерес, мы в ходе исследований поместили меньшую, принимающую катушку снаружи и сделали фотографии, которые пронумеровали, из них фотопластина XXIV демонстрирует катушку, стоящую снаружи на столе, с подведенным к ней заземляющим проводом, катушка соединена с одним из выводов небольшой лампы, в то время как другой ее вывод соединен с нижним концом катушки. Верхний конец катушки свободен, к нему присоединена металлическая трубка, хорошо различимая на снимке. Эта трубка размещена аксиально и предназначена для некоторого увеличения емкости возбужденной системы.

В другом эксперименте с той же катушкой, что и на фотопластине XXV, катушка находится на земле на некотором расстоянии от лаборатории, и ее нижний конец соединен с ближайшим заземлением, в то время как верхний конец, или терминал, свободен. Три витка провода намотаны вокруг нижнего конца катушки, а концы этого провода присоединены через контактное гнездо к лампе, которая, как видно на снимке, светит под воздействием токов, индуцированных в трех витках провода посредством колебаний, передаваемых через землю к катушке.

Мы зафиксировали еще один эксперимент такого рода; была использована та же катушка, вынесенная далеко в поле, что и представлено на фотопластине XXVI, где на заднем плане четко просматривается горная цепь Пайкс-Пик. Схемы и несколько описаний, ранее приведенных, имеют в той или иной степени отношение к этим трем фотографиям, сделанным после захода солнца, когда начинало темнеть, так как проводить съемку в дневные часы, когда свет особенно ярок, представлялось трудоемким, а в конечном счете — бесполезным занятием. В первую очередь необходимо как-то исключить дневной свет, затем произвести в темноте вспышку с помощью лампы и, в конце концов, осуществить короткую экспозицию при полном дневном свете, чтобы получить изображение элемента аппарата. Мы убедились в невозможности получить хороший фотоснимок, используя вспышку лампы при полном дневном свете, так как он слишком ярк, а лампе не хватало времени сделать отпечаток на пластине с желаемой четкостью, даже если доводить ее до гораздо большей силы свечения, чем нормальная сила света в свечах. Во время фотосъемки обычно хватало около 100 ходов рубильника, чтобы лампа была доведена до степени свечения, значительно выше нормальной. Когда мы считали, что дневной свет был слишком ярким, г-н Алли приспособивался, закрывая объектив на короткое время, когда лампа не горела, и таким образом контролировал воздействие дневного света, ослабляя его до необходимой степени.

Подробности таковы: катушка, которую мы использовали в этих трех экспериментах, была намотана на ранее упоминавшийся барабан диаметром 25.25" и имела 274 витка провода № 10 с резиновым покрытием. Поскольку другая катушка, намотанная на такой же барабан, с 404 витками имела индуктивность около 40 000 000 см, или 0.04 генри, индуктивность теперешней катушки при достаточной аппроксимации составила

$\left(\frac{274}{404}\right)^2 \times 0.04$ генри, или $\left(\frac{137}{202}\right)^2 \times 0.04$ генри. Провод, идущий от пластины заземления к нижнему концу катушки, которая находится на столе или земле, состоял из двух отрезков

провода № 10, один длиной 308 футов, второй — 84 фута. Индуктивность этих двух отрезков провода, согласно расчету, была равна 113 000 см, в сравнении с индуктивностью самой катушки это было очень немного, почти пренебрежимо. Обозначив через L_1 суммарную индуктивность возбужденного контура, в который входят два отрезка провода и сама катушка, мы получаем для них следующее значение:

$$L_1 = \left(\frac{137}{202}\right)^2 \times 40\,000\,000 + 113\,000 = 18\,400\,000 + 113\,000 = 18\,513\,000 \text{ см, или}$$

$$L_1 = \frac{185}{10^4} \text{ генри.}$$

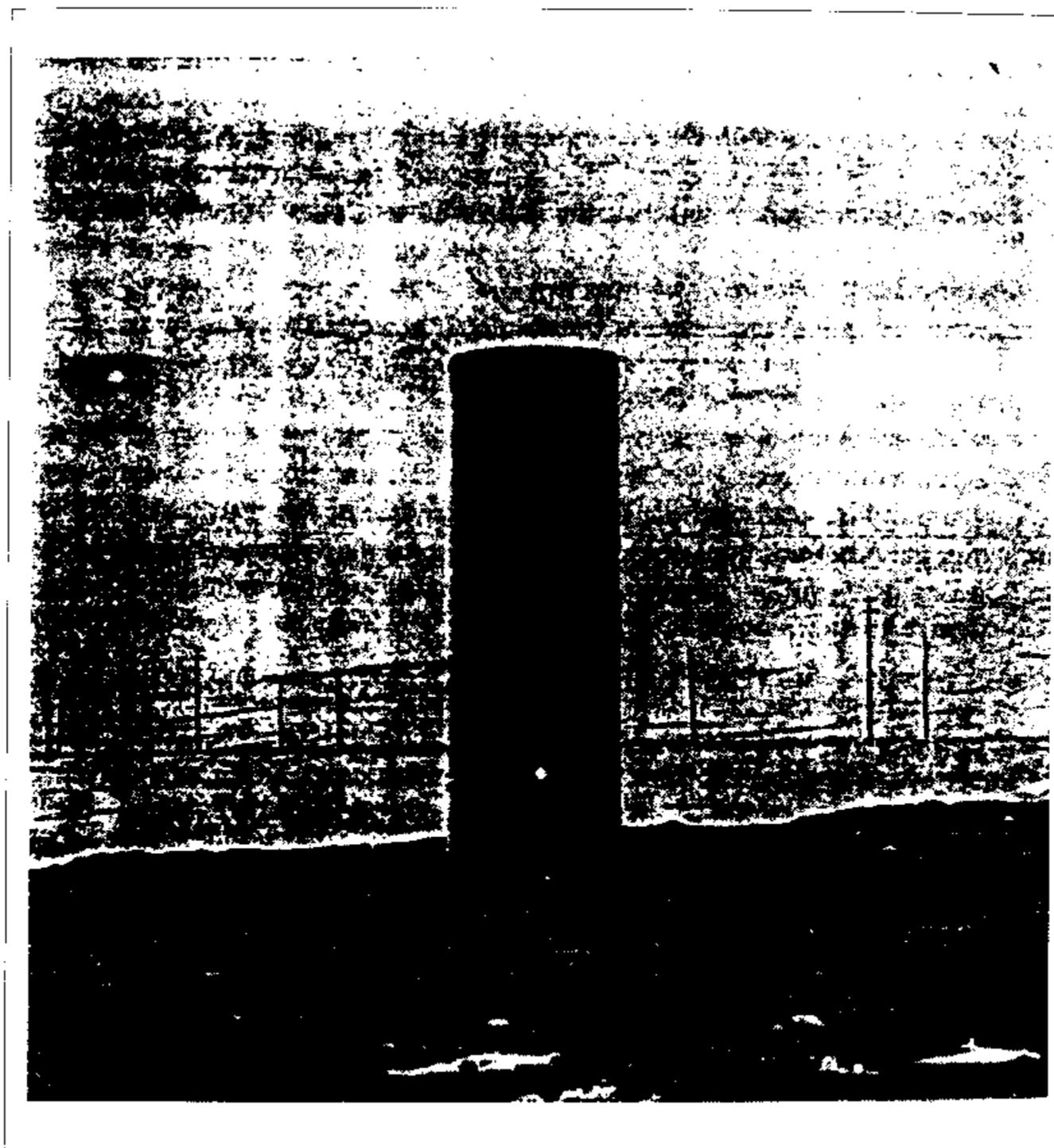


Фото XXV. Катушка за пределами лаборатории, ее нижний конец соединен с заземлением и со свободным верхним концом. Свечение лампы вызвано током, индуцированным в трех витках провода, намотанного вокруг нижнего конца катушки

Эта индуктивность, с учетом ее распределенной емкости, образовала систему, реагирующую на колебания первичного контура, при емкости в первичной цепи, или цепи возбуждения, в $1\frac{2}{3}$ камеры, или 60 бутылок с обеих сторон, или в итоге 30 бутылок, то есть $30 \times 0.0009 = 0.027$ мкФ.

Колебания передавались на пластину заземления посредством генератора колебаний со стандартным соединением, т.е. два запараллеленных первичных кабеля, иными словами. Один первичный виток, приблизительно индуктивность которого была 56400 см, или, округленно, 56000 см, что в достаточной степени соответствует настоящему проекту. Эта индуктивность могла варьироваться под влиянием вторичной цепи, но эффект от ее воздействия незначителен, так как при имеющейся емкости она «фальшивит», и проходящий через нее ток был неизбежно очень малым. Тогда, если индуктивность первичной, возбуждающей, цепи равна 56000 см, находим период этой цепи:

$$T_p = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{0.027 \times \frac{56}{10^6}}$$

Далее, обозначив «идеальную» емкость возбужденной цепи как C_s , мы получаем ее период $T_s = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{\frac{185}{10^4} \times C_s}$, а после преобразования уравнения мы имеем

$$C_s = \frac{10^4}{185} \times 0.027 \times \frac{56}{10^6} = \frac{56 \times 0.027}{185 \times 10^2} \text{ мкФ, или}$$

$$C_s = \frac{9 \times 10^5 \times 56 \times 0.027}{185 \times 10^2} = \frac{243 \times 56}{185} = 75.2 \text{ см приблизительно.}$$

Исходя из вышеизложенного,

$$T_p = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{0.027 \times \frac{56}{10^6}} = \frac{2\pi}{10^6} \sqrt{1.512} = \frac{6.28}{10^6} \times 1.23 = \frac{7.7244}{10^6},$$

а $n =$ около 129500 в секунду.

Теоретическая длина волны могла, таким образом, иметь значение

$$\lambda = \frac{186000}{130000} = \frac{186}{130} \approx 1.43 \text{ мили, или } \lambda/4 = 1.43/4 = 0.3575 \text{ мили, или } 0.3575 \times$$

$$\times 5280 = 1888 \text{ футов} = \lambda/4.$$

Фактическая длина провода в эксперименте была следующая: 274 витка катушки, каждый $79.29'' = 1810$ футов + один отрезок провода длиной 304 фута + один отрезок провода длиной 84 фута = $1810 + 304 + 84 = 2198$ футов, или почти на 15% больше, чем теоретическое значение. Дело в том, что настройка на резонанс была не совсем точной, так как лампа в состоянии свечения не могла бы выдержать ток при более точной настройке. Две из этих ламп вышли из строя. Энергия, переданная через землю к катушке, была в этом случае, конечно, невелика, поскольку была задействована лишь малая часть достигнутой емкости первичной цепи, точнее $\frac{1.66}{8}$ наличной емкости, а ток

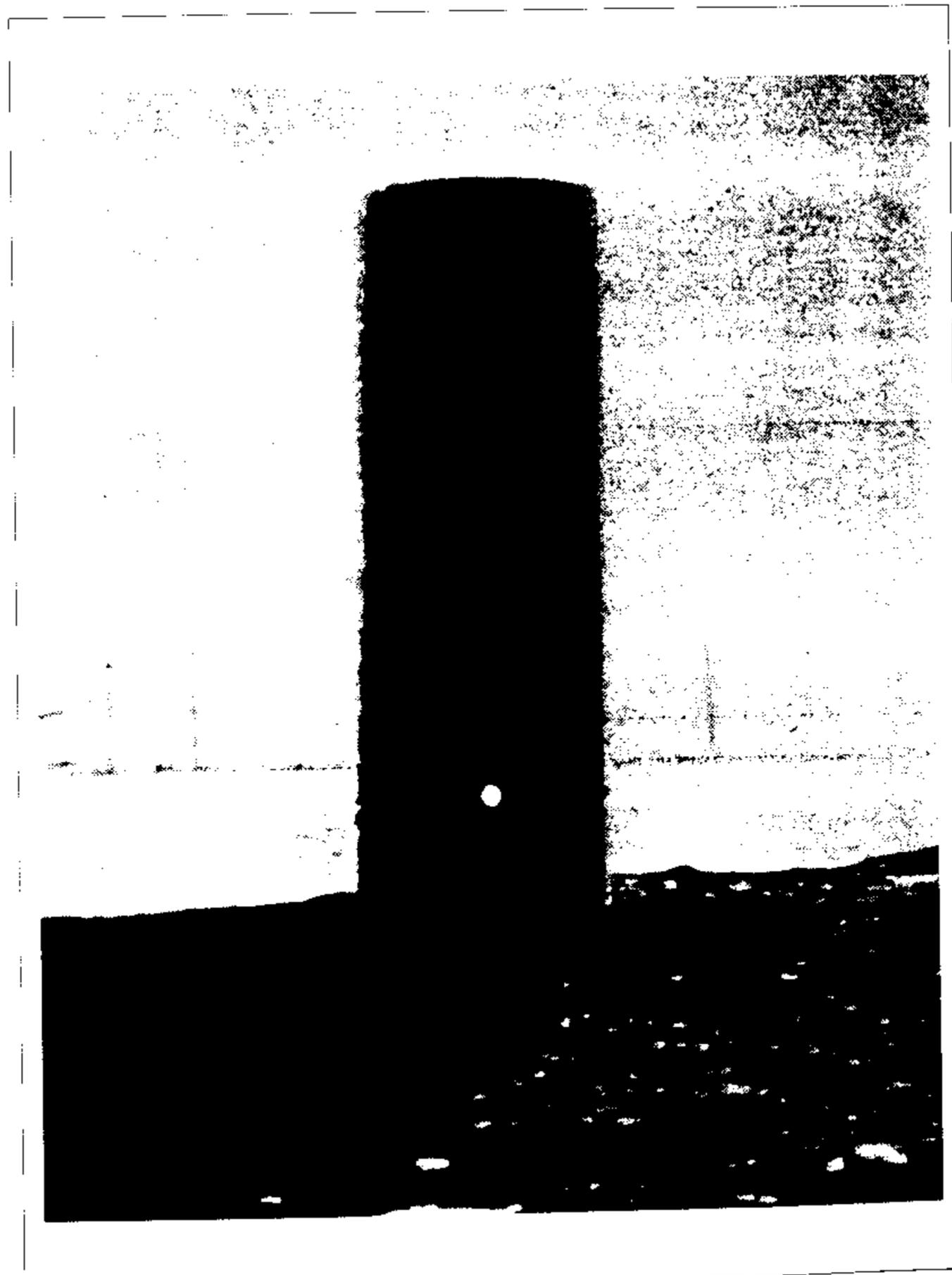


Фото XXVI. Эксперимент, иллюстрирующий передачу электрической энергии без проводов. Представленная фотография воспроизведена из статьи Теслы

питающих трансформаторов был насколько возможно понижен. Если бы мы использовали катушку, специально адаптированную для работы генератора колебаний на полную мощность, было бы реально передать количество энергии, во много раз превышающее необходимое для свечения лампы. В этом эксперименте были применены специальные лампы, каждая из которых в условиях эксперимента забирала, пожалуй, 10 ватт или около того. Допустим, что в идеальном режиме емкость на свободном конце катушки, без учета распределенной емкости, равна 75.2 см, и обозначим потенциал, до которого эта емкость может заряжаться, как P , тогда суммарная энергия, приведенная в

движение в возбужденной системе, может составить $2 \times 129\,500 \times \frac{P^2 \times 75.2}{2 \times 9 \times 10^{11}}$ ватт.

Если мы, как и прежде, предположим, что 1% суммарной энергии системы затрачивается на лампы, мы можем получить, в соответствии с предыдущими данными, определяющими P , уравнение

$$2 \times 129\,500 \times \frac{P^2 \times 75.2}{2 \times 9 \times 10^{11}} = 1000, \text{ или } P^2 = \frac{18 \times 10^{11}}{259}, \text{ или}$$

$$P = 10^5 \sqrt{\frac{180}{259}} = 10^5 \sqrt{0.695} = 10^5 \times 0.834, \text{ или почти } 83\,400 \text{ В, что является}$$

небольшой эдс. Длина провода в возбужденном контуре была, как сказано выше, 2198 футов. Зная, что провод был № 10 с сопротивлением 1 ом на одну тысячу футов, находим сопротивление контура, равное примерно 2.2 ома. Исходя из вышеприведенного, $p = 2\pi n$, что $= 6.28 \times 129\,000 = 813\,260$, или,

допустим, $813\,000 = p$. При индуктивности, равной, как отмечалось, $\frac{185}{10^4}$ ген-

ри, коэффициент увеличения в катушке составил почти

$$\frac{\frac{185}{10^4} \times 813 \times 10^3}{2.2} = 6840.$$

Лампа была с очень короткой нитью, и ее сопротивление могло быть, вероятно, 6 ом. Таким образом, с учетом лампы, коэффициент увеличения был тем не менее очень значительным, а именно $\frac{185 \times 813}{82} = 1830$, или около

того. Округляем до 1800 и видим, что при работе в предполагаемом режиме понадобилось подать на заземляющую пластину или на близлежащие участки

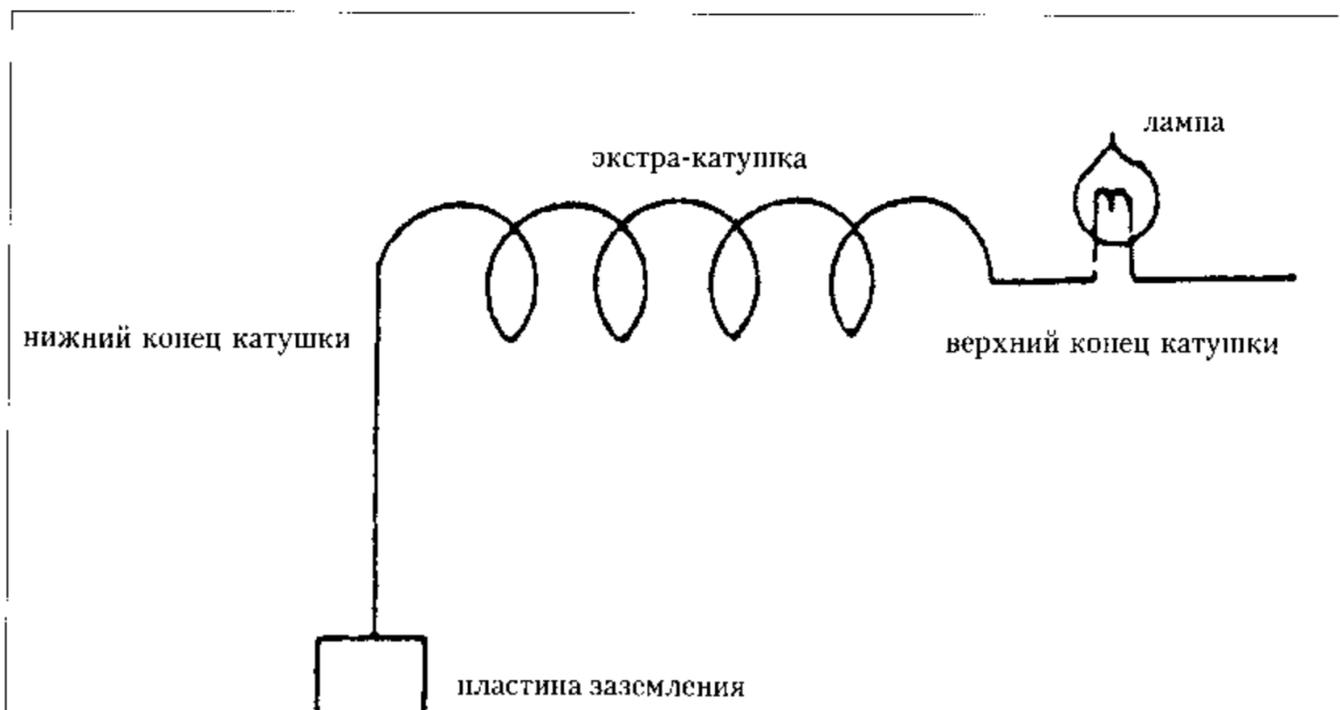
земли электродвижущую силу всего лишь в $\frac{83\,400}{1800} = \frac{834}{18} = 52$ вольт!

Это, как представляется, действительно очень немного, это почти невероятно, но цифры, очевидно, не далеки от истины. Эти ремарки имеют особое отношение к эксперименту, который запечатлен на фотопластине под номером XXIV, где соединения были такими же, как в схеме, сопровождавшей описание фотопластины XXII, при этом лампа или лампы соединены последовательно с возбужденной катушкой или системой.

В экспериментах, представленных на фотопластинах под номерами XXV и XXVI, схема соединений была идентична той, что и на фотопластине XXIII, колебания и другие детали практически те же, что и в эксперименте, показанном на фотопластине XXIV. Следует отметить, что когда вторичный контур, как это было в экспериментах, описанных под номерами XXIII, XXV и XXVI, соединен с возбужденной катушкой, этот вторичный — для достижения максимального эффекта — следует помещать вблизи нижнего конца катушки: точную позицию можно определить опытным путем или сделать приблизительный расчет. А именно: если бы катушка в состоянии возбуждения была лишена емкости и вся необходимая емкость сосредоточена на верхнем, или свободном, конце катушки, то вторичный контур должен бы находиться, для максимального эффекта, как раз в центре катушки. Но в анализируемом эксперименте емкость распределена, и самый сильный ток — в первом, или самом нижнем витке, а затем он уменьшается с каждым витком по мере приближения к верху катушки. Результирующий максимальный эффект оказывается, таким образом, всегда вблизи нижнего конца катушки, но не на самом конце, поскольку верхние витки также воздействуют на вторичный контур, хотя пропорционально в меньшей степени, чем нижние витки. Расчет оптимальной позиции вторичной цепи осложняется тем обстоятельством, что обычно ни емкость, ни напряжение не распределяются равномерно, распределение весьма разнится в зависимости от очень небольших неточностей в размерах отдельных витков или их расположения, или расположения узловой точки, или точек на проводе, или от множества иных причин. Необходимо исследовать этот предмет, когда позволит время.

XXVII. Эта фотография демонстрирует лампу накаливания в 16 свечей, 100 В, соединенную одним из своих контактов с верхним, или свободным, концом экстра-катушки, а ее нижний конец соединен с пластиной заземления. Угольная нить доводится до состояния свечения токами, которые передаются от заземляющей пластины, ярко светится и разреженный газ, что также видно на фотографии. Полезно отметить огромную активную энергию светящегося газа, который, хотя и воспринимается на глаз как слабое свечение по сравнению с нитью накаливания лампы, тем не менее фиксируется на фотопластине по крайней мере так же четко, если не более четко, как и нить накаливания.

Во многих экспериментах, проведенных несколько лет тому назад, я наблюдал это явление, а также феномен определенных газов, особенно склонных к тому, чтобы оставить отпечаток на фотопластине. Это явление, наблюдаемое вновь, производит на меня всё большее впечатление практической ценностью сильно возбужденной вакуумной трубки, которую можно применить в фотографии. В конце концов, совершенствуя аппарат и правильно выбирая газ в трубке, появится несомненная возможность освободить фотографа от зависимости от солнечного света и повторять процесс точно в одном и том же режиме, без чего почти невозможно обойтись, чтобы добиться наилучших результатов. Во всяком случае, такие трубки облегчат ему регулировку условий съемки и настройку подсветки по его желанию. Такое приспособление может дать весьма значительное преимущество фотографу-профессионалу, работающему в больших городах, где воздух не очень чист, и он вынужден полагаться на случай, и где для него почти невозможно сделать два последовательных снимка при одинаковых условиях или заранее настроить подсветку. Анализируемая фотография также демонстрирует интенсивную активную энергию стримеров, когда они имеют голубоватый или зачастую фиолетовый цвет, что и имеет место в данном случае. Красные стримеры — относительно весьма пассивные, но следует сказать, что, кроме цвета, воздействие на фотопластину определяется в большой степени энергией или интенсивностью стримеров. Таким образом, с мощным аппаратом, который я здесь усовершенствовал, действенность активных лучей значительно эффективнее, чем с аппаратом в Нью-Йорке. В иллюстрируемом эксперименте результаты могли быть та-



кими же, если оба вывода лампы присоединить к свободному концу экстракатушки, а не один, как показано на схеме, которая более наглядно поясняет способ соединений в данном случае.

Ну а что касается остальных деталей эксперимента, то емкость в первичной, или возбуждающей, цепи состояла из 3 камер с обеих сторон, то есть по $1\frac{1}{2}$ камеры, что означает 54 бутылки, или $54 \times 0.0009 = 0.0486$ мкФ. Относительно индуктивности цепи возбуждения: первичный виток с приближенным вторичным контуром = 41 000 см и $5\frac{3}{4}$ витка регулировочной катушки, а также соединения составили индуктивность 17 684 см, то есть суммарная индуктивность цепи возбуждения была 58 684 см, или с допустимым приближением $59\,000$ см = $\frac{59}{10^6}$ генри. Из этих данных получаем:

$$T = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{0.0486 \times \frac{59}{10^6}} = \frac{2\pi}{10^6} \sqrt{2.8674} = \frac{6.28}{10^6} \times 1.7 = \frac{10.676}{10^6}, n = 93\,700 \text{ при-}$$

близительно, а $p =$ около 588 000.

Если мы допустим, как в предыдущих случаях, что один процент суммарной энергии колебательной системы уходит на лампы безвозвратно, то мощность системы составит 100 ватт на каждый ватт, затраченный на лампу, или при использовании лампы в 16 свечей, потребляющей, скажем, 50 ватт, мощность системы должна быть 5 000 ватт. Отсюда мы находим приблизительный потенциал P на свободном конце катушки по уравнению

$$5\,000 = \frac{c}{9 \times 10^{11}} \times \frac{P^2 \times 93\,700 \times 2}{2}$$

Здесь c обозначает емкость лампы, или другого объекта, в сантиметрах и исчисляется таким же образом, как объяснялось выше. В предыдущих замерах методом резонансного анализа емкость такой лампы была определена примерно в 1 см. Определим это значение как c и получаем

$$P^2 = \frac{5 \times 10^3 \times 9 \times 10^{11}}{937 \times 10^2} = \frac{45 \times 10^{12}}{937} \text{ и}$$

$$P = 10^6 \sqrt{\frac{45}{937}} = 10^6 \sqrt{0.048} = 10^6 \times 0.22,$$

или = 220 000 вольт = P . Это доказывает, что P может быть довольно большим, исходя лишь из 1% потерь в лампе. В действительности, как я знаю из опыта, в лампе обычно затрачивается значительно большая часть от общей энергии системы, так что потенциал P оказывается на практике намного меньше. Но

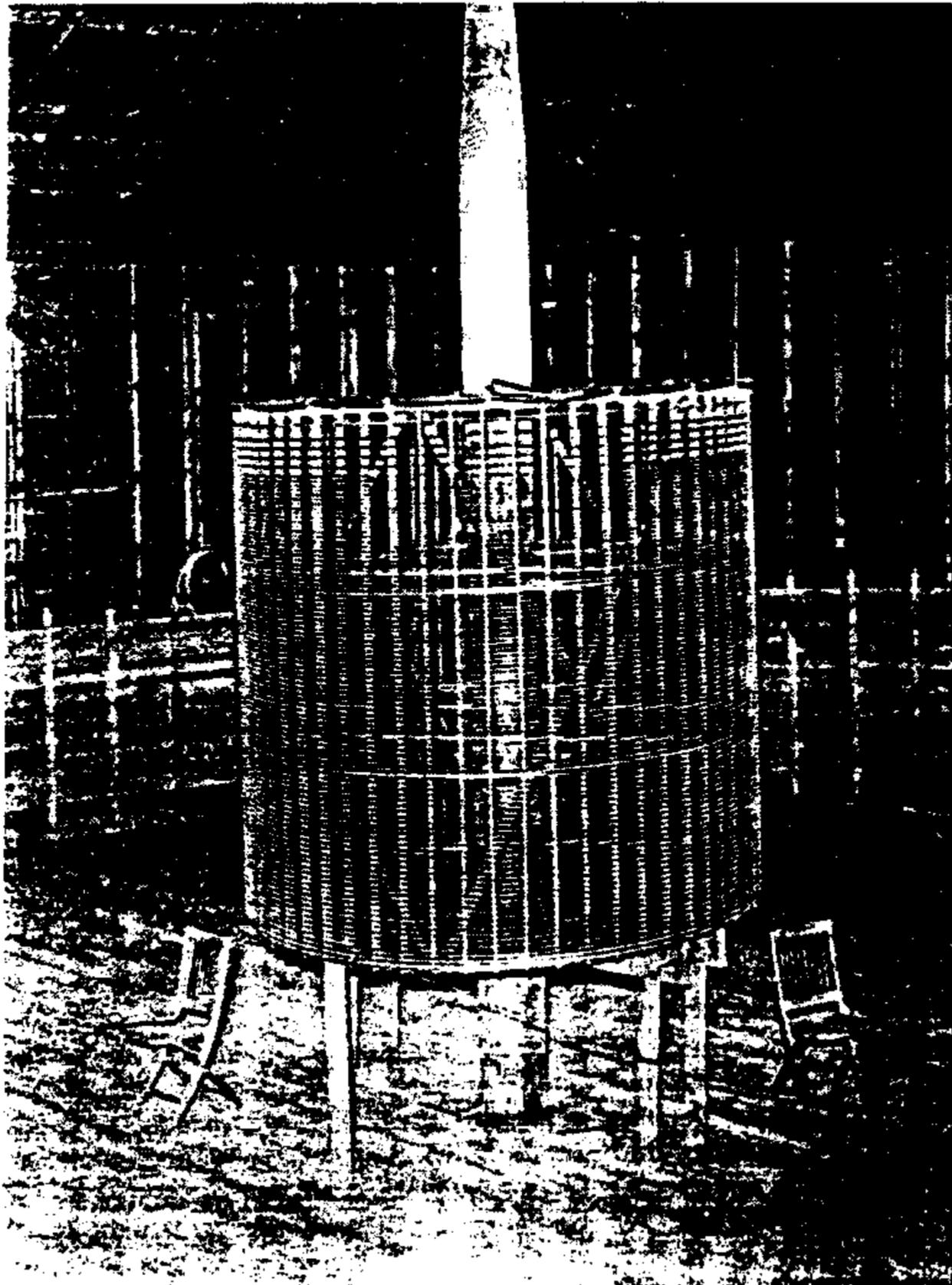
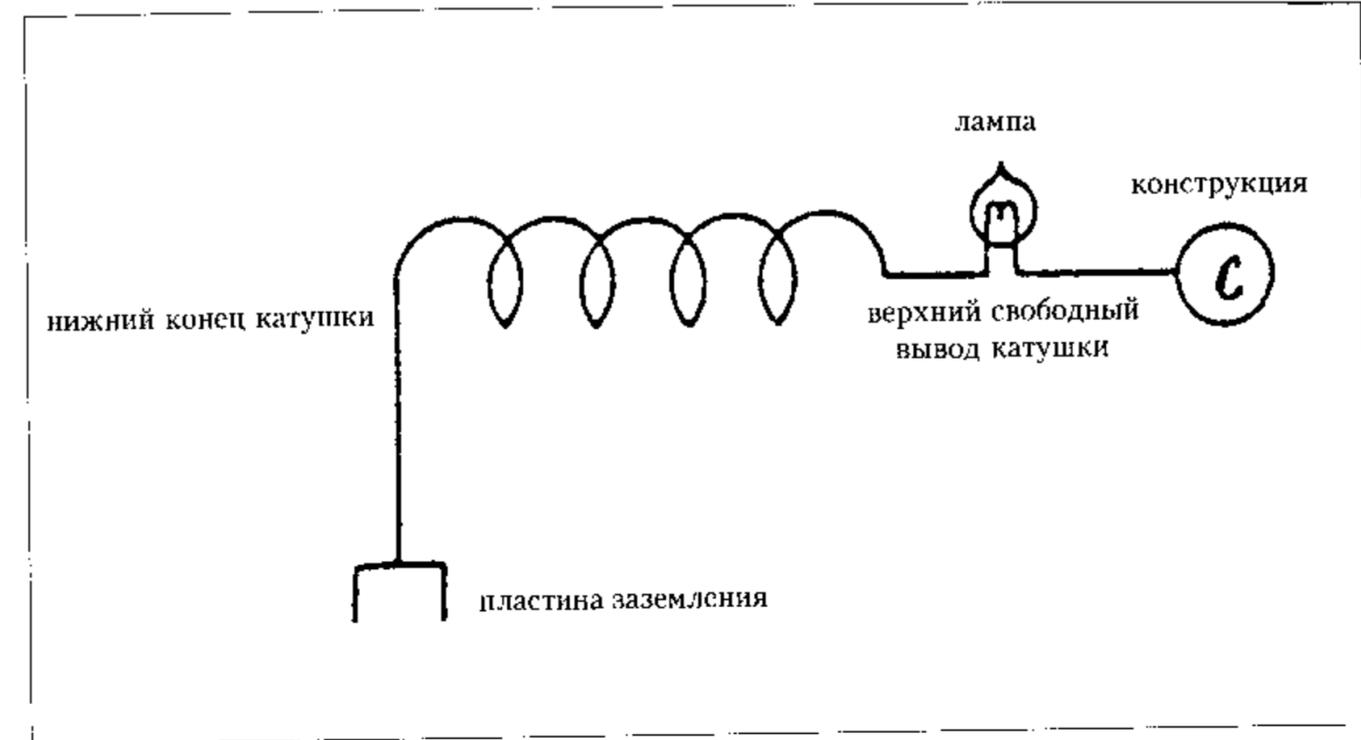


Фото XXVII. Лампа накаливания, соединенная одним из своих выводов с верхом, или свободным концом экстра-катушки, нижний конец ее соединен с пластиной заземления



необходимо подчеркнуть, что благодаря малой емкости лампы, он будет в общем весьма высоким. Если каким-либо способом обеспечить емкость, чтобы лампа могла забирать больше энергии, то необходимый потенциал можно будет уменьшать как угодно.

Это проявится со всей очевидностью при рассмотрении фотографии под номером XXVIII. В этом случае мы использовали ту же схему соединений, что и раньше, только свободный вывод лампы был соединен проводом с конструкцией из стальных труб наверху. Провод едва различим. В этом эксперименте резонанс с целью возбуждения был достигнут с 6 камерами на обеих сторонах, то есть с емкостью трех камер, что означает $108 \text{ бутылок} = 108 \times 0.0009 = 0.972 \text{ мкФ}$.

Индуктивность цепи возбуждения включала в себя первичный виток с замкнутым накоротко вторичным контуром = 41 000 см, как и раньше, и все витки регулировочной катушки вместе с соединениями, то есть около 85 000 см, что составило суммарную индуктивность, равную $41\,000 + 85\,000 = 126\,000$ см, или $\frac{126}{10^6}$ генри. Отсюда следует:

$$T = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{0.0972 \times \frac{126}{10^6}} = \frac{2\pi}{10^6} \sqrt{12.2472} = \frac{6.28 \times 3.5}{10^6} = \frac{21.98}{10^6}, \text{ где } n = 45496$$

или приблизительно 45 500.

Как видно из анализа вышеприведенной схемы, в этом эксперименте вся энергия, подаваемая на конструкцию, или емкость С, должна была проходить через лампу. Допустим, что лампа потребляет 50 ватт и будем считать, что

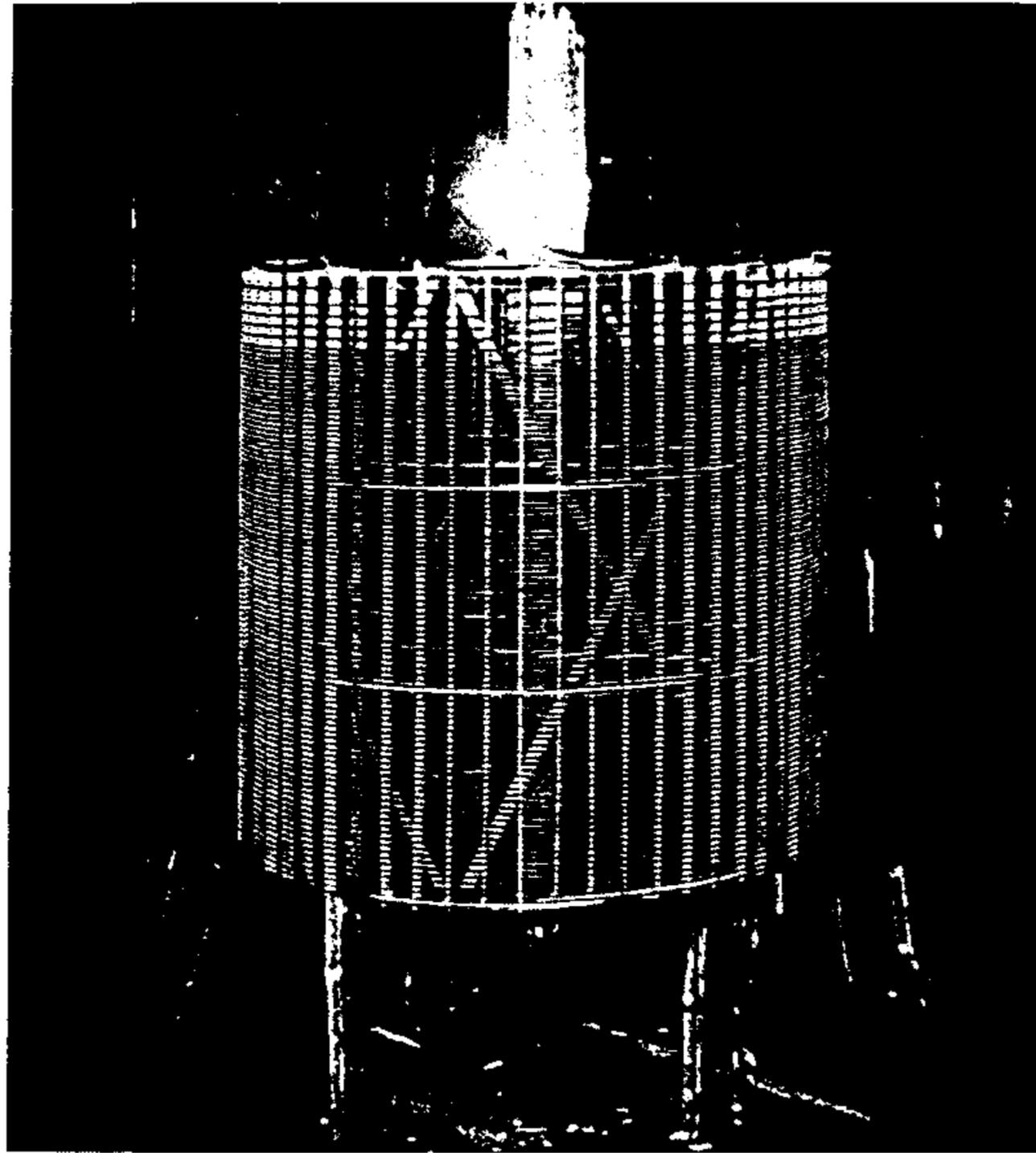


Фото XXVIII. Лампа накаливания в состоянии свечения под воздействием тока, идущего от экстра-катушки к конструкции из стальных труб.

Нижний конец катушки соединен с пластиной заземления

емкость C вместе с защитным колпаком, с учетом предыдущих расчетов, составляет примерно 500 см, обозначим опять через P потенциал, до которого заряжается конструкция, тогда мы получаем

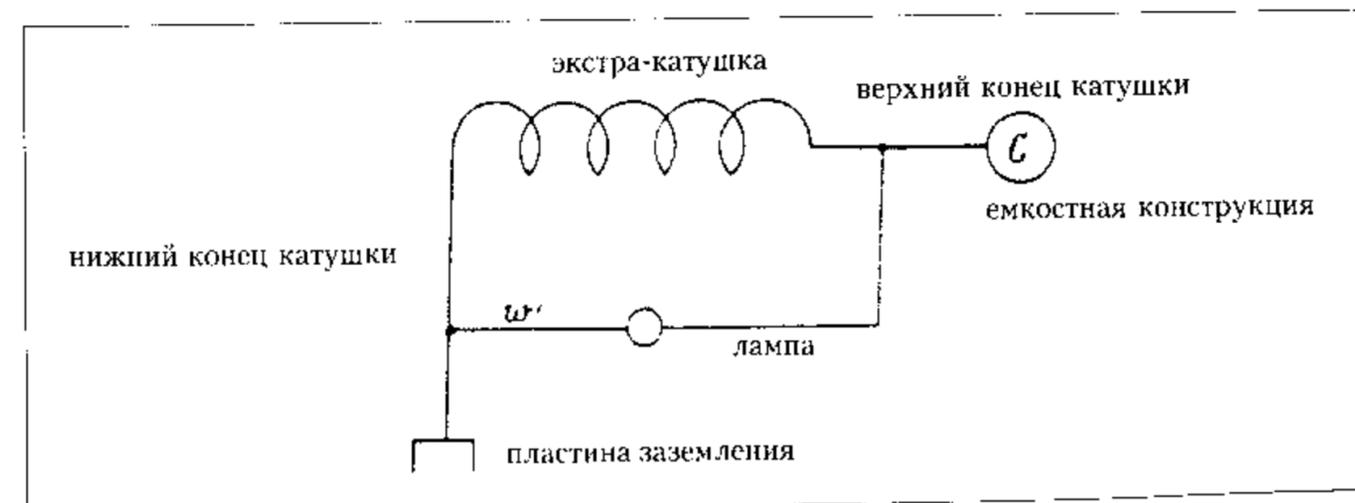
$$50 = \frac{500}{9 \times 10^{11}} \times \frac{P^2 \times 45500 \times 2}{2}, \text{ или } P^2 = \frac{9 \times 10^8}{455} \text{ и}$$

$$P = \frac{3 \times 10^4}{\sqrt{455}} = \frac{3 \times 10^4}{21.3} \text{ приблизительно, или } P = 1409 \text{ вольт, что действи-}$$

тельно является очень небольшим напряжением. Такое напряжение, безусловно, можно было еще снизить с помощью резонирующего контура еще более высокой частоты. Этим способом, только что описанным, огромное количество ламп можно было бы заставить светиться под воздействием колебаний, передаваемых на землю, а воспользовавшись некоторыми из отмечавшихся ранее фактов, любой будет иметь возможность сделать примерный расчет этого параметра. Однако присоединение экстра-катушки для работы в стандартном режиме к свободному концу вторичного контура, а не к заземлению, может заставить светиться множество ламп, скажем, тысячу ламп или больше, при условии максимальной отдачи генератора. Даже через землю, как в описываемом эксперименте, действие цепи возбуждения было таким интенсивным, что нам пришлось сократить ток питающих трансформаторов до очень малой доли тока, потребляемого при полной нагрузке.

Следует отметить, что и в эксперименте, описанном ранее (фотопластина XXVII), можно было засветить значительное количество ламп, но не столько, как в описываемом сейчас случае, благодаря очень малой емкости ламп, как уже указывалось.

Перейдем теперь к другим экспериментам, в которых свечение лампы достигалось способом, показанным на фотопластине XXIX, когда лампа соединена с экстра-катушкой параллельно, а не последовательно с ней, как это было в предыдущем случае. Схема наглядно иллюстрирует соединения. В этом эксперименте резонанс с цепью возбуждения был получен с 22 бутылками с обеих сторон, то есть при емкости 11 бутылок, или по результатам расчета $0.0009 \times 11 = 0.0099$ мкФ. В регулировочной катушке было $4 \frac{1}{2}$ витка с индуктивностью, согласно таблице, 13474 см. Это значение вместе с 41000 см, как и ранее, даст приблизительное значение индуктивности в 54500 см для цепи возбуждения, а отсюда



$$T_p = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{0.0099 \times \frac{545}{10^7}} = \frac{2\pi}{10^6} \sqrt{0.00099 \times 545} = \frac{2\pi}{10^6} \sqrt{0.53955} = \frac{2\pi}{10^6} \times 0.735 = \frac{4.6158}{10^6},$$

а $n = 217\,000$ в секунду приблизительно.

Так как в этом случае емкость можно определить приблизительно как 500 см, можно сделать примерный расчет эффективной индуктивности в возбужденном контуре, обозначив индуктивность через L_s , и в режиме резонанса имеем:

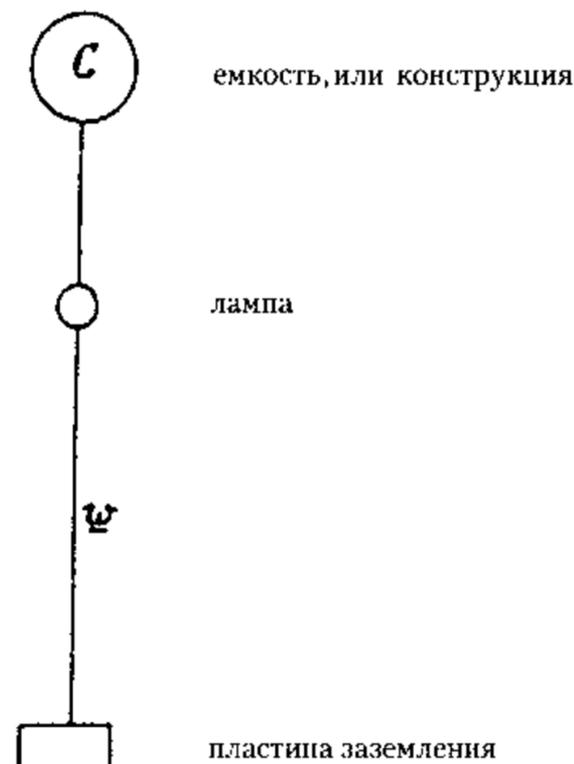
$$T_p = T_s, \text{ или } \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{0.0099 \times \frac{545}{10^7}} = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{\frac{500}{9 \times 10^5} L_s},$$

а отсюда

$$L_s = \frac{0.0099 \times 545 \times 9}{5 \times 10^4} = \frac{48.56}{5 \times 10^4} \text{ генри,}$$

$$\text{или } \frac{48.56 \times 10^5}{5} = \frac{4\,856\,000}{5} = 971\,200 \text{ см.}$$

Это была эффективная, или фактическая, или близкая к ней индуктивность комбинированной системы из экстра-катушки и лампы, соединенных, как на схеме, приведенной на с. 421. Очевидно, в этом эксперименте лампа



могла бы светиться и при полном отключении экстра-катушки, что я и сделал. Время не позволило сделать фотографию этого эксперимента в таком варианте. В данном случае индуктивность провода w (смотри схему) должна быть очень малой, следовательно, частота токов, передающих колебания на пластину заземления, будет очень высокой, а потенциал, до которого должен будет прийти заряд емкости C , чтобы пропустить достаточно энергии через лампу, или иную рабочую цепь, будет относительно небольшим. Для примера допустим, что провод w , создающий практически всю индуктивность возбужденного контура, имел 10 000 см, а C — емкость, идентичная конструкции, описанной в прошлом эксперименте, имела бы показатель в 500 см, тогда, обозначив через P_2 потенциал, до которого нужно зарядить емкости, чтобы получить на лампах 50 ватт, мы получим:

$$50 = \frac{P_2^2 \times 2n}{2 \times 9 \times 10^{11}} \times 500, \text{ или } P^2 = \frac{9 \times 10^{10}}{n}.$$

Далее обозначим период через T и получим:

$$T = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{\frac{10000}{10^9} \times \frac{500}{9 \times 10^5}} = \frac{2\pi}{3 \times 10^7} \sqrt{5} = \frac{6.28 \times 2.236}{3 \times 10^7} = \frac{4.68}{10^7},$$

отсюда

$$n = \frac{10^7}{4.68} = 2\,137\,000 \text{ в секунду.}$$

Подставив это значение вместо n , мы получим:

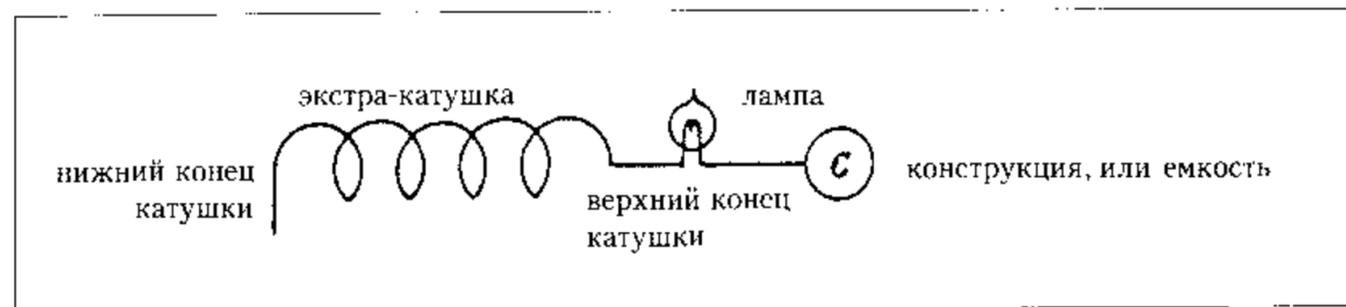
$$P^2 = \frac{9 \times 10^{10}}{2\,137\,000}, \text{ или } P^2 = \frac{9 \times 10^{10}}{214 \times 10^4} = \frac{9 \times 10^6}{214} \text{ и}$$

$$P = \frac{3000}{\sqrt{314}} = \frac{3000}{14.63} = \text{только } 205 \text{ вольт!}$$

Мы видим, что при такой предельно высокой частоте напряжение питающей сети для обычной лампы накаливания будет, вероятно, достаточным, чтобы пропустить необходимый ток через лампу. При вышеизложенных условиях сила тока может составить:

$$I = EC\omega = \frac{205 \times 500 \times 2\pi \times 214 \times 10^4}{9 \times 10^{11}} = 1.5313 \text{ ампер приблизительно.}$$

В эксперименте, представленном на фотопластине XXIX, можно увидеть, что, хотя индуктивность экстра-катушки была значительно снижена путем ее шунтирования лампой, она тем не менее реально действовала, что доказывают стримеры, видимые на проводе, идущем от нижнего конца катушки к лампе, и который обозначен как w' на соответствующей схеме.



Переходим далее к эксперименту, который запечатлен на фотопластине под номером XXX, а соединения этого устройства представлены на схеме. Здесь лампа светилась только под воздействием индукции от первичного контура, при этом заземление было снято. В этом случае емкость составили 3 камеры с обеих сторон, итого по $1\frac{1}{2}$ камеры = 54 бутылки = $54 \times 0.0009 = 0.0486$ мкФ, а индуктивность $41000 + 3$ витка регулировочной катушки = $41000 + 10000 = 51000$ см, или $\frac{51}{10^6}$ Гн приблизительно. Это дает

$$T_p = \frac{2\pi}{10^3} \sqrt{0.0486 \times \frac{51}{10^6}} = \frac{2\pi \times 1.37}{10^6} = \frac{8.6}{10^6}, \text{ а } n = 116300 \text{ приблизительно.}$$

Примечание. Возбуждение первичной цепи в этих условиях должно быть сильным, о чем говорило слабое индуктивное действие по сравнению с действием через землю. Настройка была не вполне точной во всех описанных экспериментах, так как время поджимало. В последнем эксперименте n должно в два раза превышать значение, полученное в опыте XXVIII.

XXXI. Это рентгеновский снимок, сделанный особым способом. Так случилось, что рабочий, которому показалось, что он повредил палец, попросил сделать ему фотоснимок, и мы поместили трубку между заземляющей пластиной и катушкой, как показано в схеме к номеру XXII. Были сомнения, сможет ли трубка возбудиться таким способом, но эксперимент доказал, что может, и фотография была сделана при нескольких вспышках трубки после завершения согласования колебаний в первичной и возбужденной цепи и достижения резонансного режима. Мы не видели здесь ничего сверхинтересного, кроме способа съемки, тем не менее обследование показало, что эта фотография, возможно, по причине высокой экономичности колебательных систем, применяемых в этих экспериментах, или, возможно, за счет частоты, несомненно, отличалась от многих, сделанных другими аппаратами. Трубка не была сильно возбуждена, и экспозиция длилась буквально несколько секунд, однако отпечаталось множество подробностей. Весьма любопытно, как отчетливо видны ногти, почти как на обычной фотографии.

В связи с этим я должен указать на специфическое качество действия токов, проявляющееся с помощью этого аппарата на рентгеновских трубках.

Некоторые эксперименты этого направления проводились, надо заметить, с большим удовольствием, чем опыты в других направлениях, поскольку я с каждым днем всё больше и больше убеждаюсь, что с аппаратом, подобным пынешнему, безусловно, будут достигнуты удивительные результаты, если только конструкция трубки позволит ей воспринимать любое количество энергии. По возвращении я серьезно займусь этой проблемой. Много раз мы использовали трубки, заставляя их работать от вторичного контура, но весьма любопытно, что по причине, мне пока еще непонятной, они могут работать только в течение нескольких секунд, так как они почти мгновенно становятся очень сильно разреженными и искровые разряды начинают бомбардировать стекло, вследствие чего трубка становится непригодной. Не важно, насколько уменьшался ток, это явление имело место до тех пор, пока он не сократился до такой степени, что трубка вообще едва могла возбуждаться. Еще в Нью-Йорке с подобным аппаратом, хотя и значительно меньшим, я заметил, что такое явление происходит всегда в той или иной степени, когда колебательная система имеет очень малое сопротивление, а электрическая энергия в цепи, соединенной с трубкой, очень большая.

Эти исследования будут продолжены.

XXXII. Панорама из открытого входа, испорчено...

Примечание. Фотопластина XXXIII отсутствует. Надо сделать еще один фотоснимок с лампой, светящейся без катушки, а просто соединенной последовательно с пластиной или объектом в качестве емкости.

Если позволит время, построим специальную катушку для работы установки на полную мощность и сделаем фотографии, насколько это осуществимо, снаружи. Снятые таким образом, они, несомненно, заинтересуют ученых в гораздо большей степени.

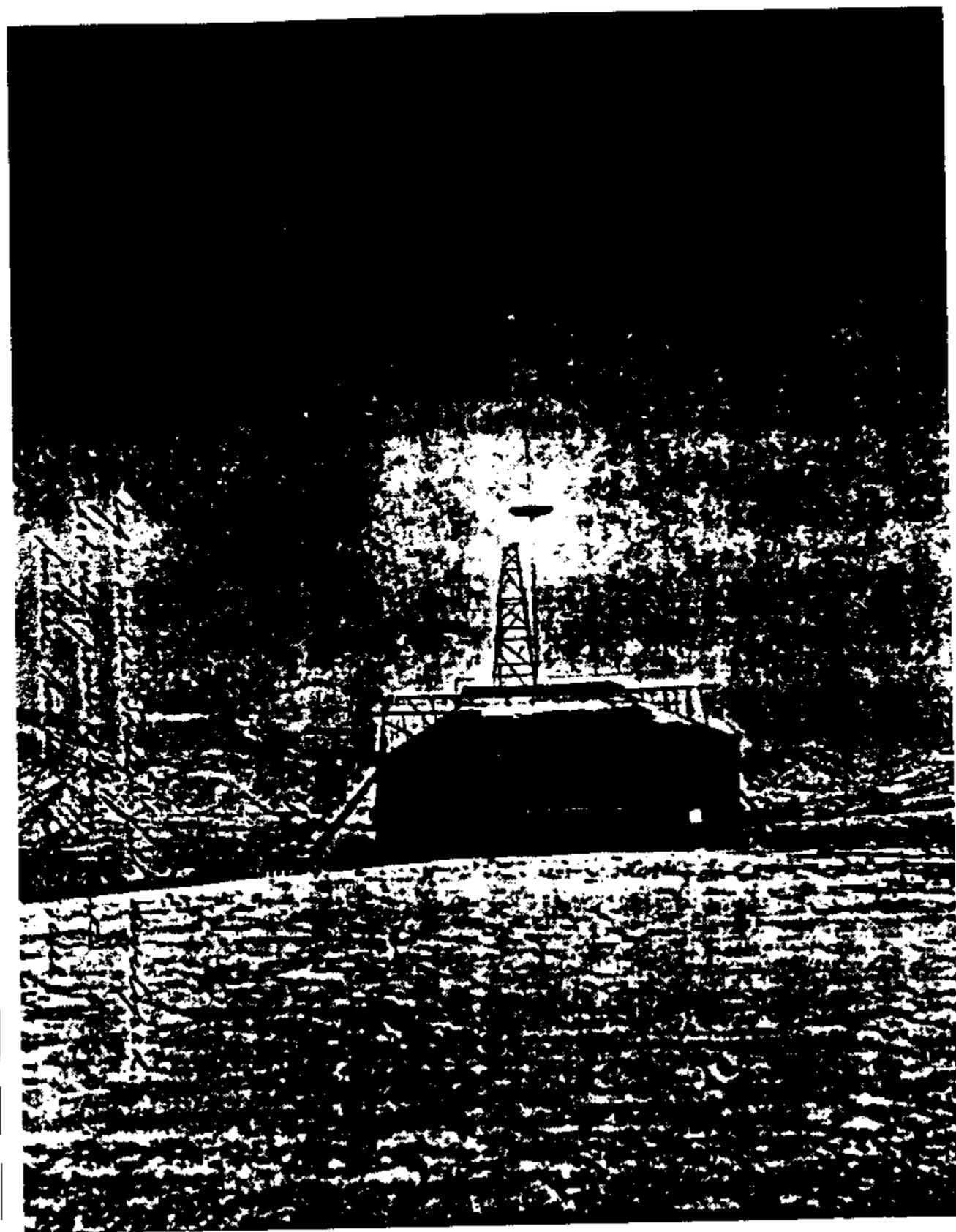
Колорадо-Спрингс

3 января, 1900

Фотографии, сделанные г-ном Алли с 17 по 31 декабря 1899 года, и их описание

Фотографии сделаны на фотопластинах Крамера размером $11'' \times 14''$, большей частью «моментальных изохроматических».

XXXIII. Вид на горный кряж Пайкс-Пик через оконное стекло в лунном свете в ночь затмения. Сильный ветер не давал возможности разместить



Лаборатория в Колорадо-Спрингс, полностью достроенная

фотокамеры снаружи, поэтому съемка проводилась из комнаты. Так как здание ощутимо сотрясало от внезапных порывов ветра, изображение получилось не столь совершенным, каким оно могло быть. Освещение при почти полной луне было превосходным, и хорошую фотографию можно было сделать в течение 10–15 минут. Хотя значительная часть света терялась при его прохождении через стекло, а оно было тщательно вымыто, тем не менее фотография так же хороша, как если бы она была сделана при дневном свете. Экспозиция длилась долго, два часа, с 9 до 11. Если бы не сильный ветер, можно было бы получить превосходное изображение за четверть этого времени. Поразительная яркость лунного света усиливалась обилием снега.

XXXIV. На этой фотографии представлена лаборатория (вид сзади) на фоне горного отрога от Пайкс-Пик до горы Шайен. Снега на земле немного, а на крыше и вовсе нет. Экспозиция длилась только 35 минут при почти полной луне. Из-за ветра шар на вершине мачты виден плохо.

XXXV. Еще один вид лаборатории, снятый с тыльной стороны здания, с горной грядой Пайкс-Пик на заднем плане. На земле довольно много снега. Экспозиция длилась два часа. Ночь опять была ветреная, и изображение верхней части мачты и шара смазано из-за раскачивания.

XXXVII. Опять вид лаборатории сзади на фоне горного кряжа Пайкс-Пик. Луна в ущербе, и мы сделали более длинную выдержку – три часа. Оказалось, что пластину несколько передержали. В других отношениях условия были весьма благоприятными – ветер несильный и на земле еще достаточно много снега. Проведение фотосъемок при завораживающем лунном свете в полной мере доставило ранее не испытанное удовольствие, но затем нам пришлось переключиться на менее приятные, но более практические занятия.

XXXVIII. Так выглядит лаборатория со склона Пайкс-Пик. Съемка проведена утром при солнечном освещении на фоне свежеснеговывпавшего снега, ук-
рывшего землю.

XXXIX. Вид лаборатории с тыльной стороны, условия съемки те же.

XL. Иллюстрирует разряд экстра-катушки, направленный вбок через пространство от заостренного провода сверху катушки к шару диаметром 30", снабженному острием, и к катушке на стойке, которая служит опорой шару. Видны мощные стримеры и искровые разряды, последние доходят до пола; упомянутая катушка и колпак, прикрепленный к конструкции из стальных труб, расположены в центре здания. Некоторые искровые разряды достигали и крыши, вызывая, как водится, серьезные опасения, несмотря на огнеупорную

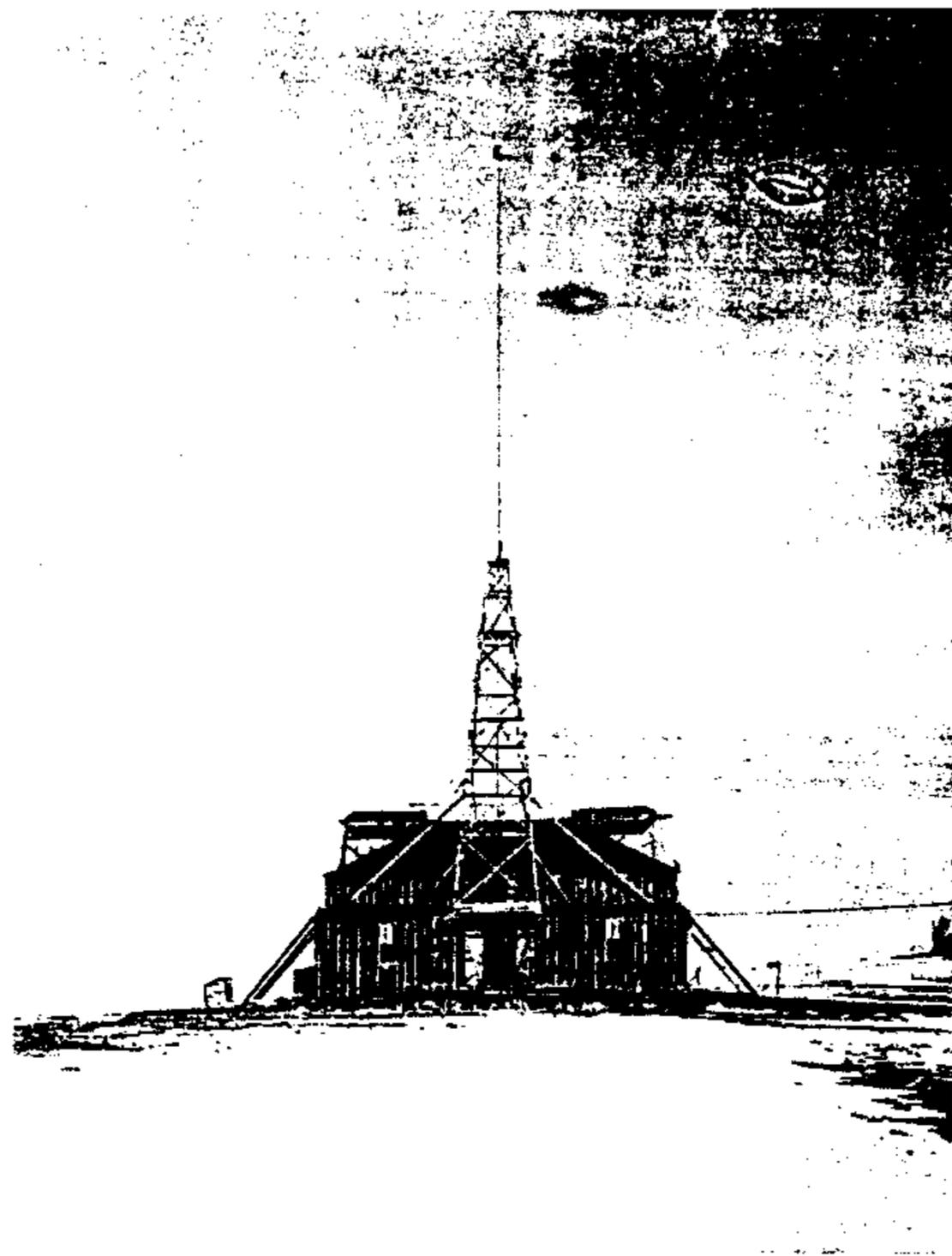


Фото XXXVIII. Вид на лабораторию со склона Пайкс-Пик

краску. Некоторые стримеры, находясь в такой же позиции, что и другие, относительно фотокамеры, очень слабые, что и обуславливает их красный цвет. У многих стримеров отчетливо проявляется феномен расщепления, или разветвления, а искровые разряды в тех местах, где они попадают в пол, проявляют повышенную яркость и эффект «разбрызгивания», которые хорошо

зафиксированы, особенно на одном из стримеров, более тонком и более заостренном, чем большинство остальных. Чтобы дать представление о величине разряда, экспериментатор изображен сидящим позади экстра-катушки. Мне не нравилась эта идея, но часть сотрудников находит эти фотографии интересными. Когда экспериментатора фотографировали, разряда, конечно, не было, как можно догадаться! Сначала в невидимом или слабом свете на фотопластине были зафиксированы стримеры, затем экспериментатор сел на стул и была произведена экспозиция в свете дуговой лампы и, наконец, для того чтобы запечатлеть особенности и подробности, применили магний. Оказалось, что сидеть на стуле во время экспозиции в свете дуговой лампы было необходимо, так как, в противном случае, конструктивные детали стула просматривались бы сквозь тело человека, если бы он находился там только во время экспозиции в свете вспышки. Так как погода во время этих экспериментов, проводившихся поздней ночью, была почти всегда ниже нуля, я попытался преодолеть вышеупомянутое неизбежное обстоятельство, но ни я, ни г-н Алли не смогли найти реальный выход из ситуации.

Простейшим шагом могло бы стать применение очень мощного источника света, способного осуществить моментальную экспозицию, но с дуговой лампой это неосуществимо. С другой стороны, при очень больших размерах шара потребовалось бы огромное количество порошка, применение которого было нежелательно, так как это опасно и может ухудшить качество фотографий. В описываемом случае зафиксированные на снимке стримеры возникали после 50 замыканий цепи, питающей трансформатор Вестингауза, при этом каждое замыкание длится примерно полсекунды, возможно, меньше. Экспозиция с дуговой лампой длилась 5 минут с открытым примерно наполовину объективом, а при вспышке было использовано около трети большого пакета порошка Истмена.

XLI. Изображение подобного разряда (пятьдесят очень коротких вспышек) экстра-катушки, исходящего от заостренного провода сверху, или от свободного вывода. На фотографии зафиксирован интересный момент расщепления стримеров или искровых разрядов вблизи пола. Другая особенность, достойная внимания, состоит в расщеплении с последующим соединением стримера или искрового разряда.

Я употребляю слова «стример» или «искровой разряд», потому что первый превратится в искру или, возможно, это будет точнее, в дугу, когда он ударяется о какой-либо объект, что вызывает сильный ток, проходящий по пути стримера, который затем внезапно приобретает яркость и цвет, характерные для искровых разрядов. Временами я наблюдал, как с острия или с поверхности срывался очень сильный заряд в форме искры, пролетал расстояние в 6–10 футов или около того и затем распадался на стримеры. Более чем вероятно, что на некоторых фотоснимках при более тщательном рассмотрении

можно обнаружить этот феномен, так как он встречается нередко. Кроме того, время от времени я наблюдал, как стример небольшой протяженности в любой точке своей траектории приобретает весьма значительную яркость и в этом качестве уподобляется искровому разряду. Если не ошибаюсь, я уже где-то обращал внимание на это явление. На этой и других фотографиях можно увидеть несколько таких свящихся пятен или точек.

Когда энергетический потенциал действия очень высок благодаря энергии стримера и иным причинам, его светящаяся часть превращается настоящую шаровую молнию. Это явление, которое я, к своему величайшему изумлению, часто наблюдал в экспериментах с установкой, наглядно показывает, как образуются шаровые молнии в грозных разрядах, и теперь их природа достаточно ясна. Я до сих пор был склонен считать, что этот феномен является всего лишь зрительным впечатлением, подобным тому, которое испытываешь после сильного удара по глазам или в какое-либо место на голове или позвоночнике, или которое чаще всего возникает после внезапного и очень сильного светового воздействия. Несмотря на то, что явление перемещающегося шара, чрезвычайно яркого, случается исключительно редко, человек, как правило, видит светящиеся пятна, «звезды» или язычки пламени.

Результаты нынешних наблюдений убеждают меня в том, что феномен шаровой молнии возникает от внезапного нагрева массы воздуха или другого газа, в зависимости от обстоятельств, до сильно раскаленного состояния в результате прохождения мощного разряда. Известно много иных способов, менее убедительных, где искровой разряд мог бы воздействовать на воздушную массу таким образом, но я считаю, что из всех иных, рассмотренных мной, следующее объяснение способа образования шара является, по всей вероятности, истинным. Когда внезапные и очень мощные разряды проходят через воздух, очень интенсивное расширение частиц последнего и следующее за этим быстрое охлаждение и уплотнение вызывают формирование отдельных вакуумов в точках наибольшего проявления нагрева. Эти разреженные пространства благодаря свойствам газа, весьма вероятно, принимают очертания полых сфер, когда после остывания воздух со всех сторон стремится проникнуть внутрь, чтобы заполнить полость, созданную внезапным расширением и последующим сжатием, допустим теперь, что этот результат мог бы получиться от воздействия одного разряда искры или стримера и что затем по пути первого следует второй разряд и, возможно, множество еще. Что произойдет? Прежде чем ответить на этот вопрос, следует вспомнить, что, вопреки существующим расхожим представлениям, токи, проходящие через воздух, имеют силу многих сотен и даже тысяч ампер.

Для меня стало откровением обнаружить, что даже на теперешней опытной установке единичный мощный стример, срывающийся с хорошо изолированного вывода, может легко проводить ток в несколько сотен ампер! Общепринятое представление, если я не ошибаюсь, состоит в том, что ток в

таком стримере слабый, но это мнение существует вследствие относительной неосведомленности специалистов в области электротехники о той установке, с которой я сейчас работаю. В самом деле, не составит большого труда сосредоточить в такого рода стримерах большую часть энергии, генерированной установкой, и токи, проходящие через воздух, могут, при соответствующих условиях, усилиться до степени, равной токам, циркулирующим в проводе или в самой катушке, которая генерирует их. Потому не должно вызывать удивление, что малая масса воздуха «взрывается» с эффектом, подобным взрыву бомбы, как часто отмечается при разрядах молнии.

Возвращаясь к объяснению эффекта шаровой молнии, допустим, что стример или искровой разряд такой мощности, проходя через воздух, случайно натолкнется на вакуумную сферу, или пространство, образовавшиеся описанным выше способом. Это пространство, содержащее сильно разреженный газ, может находиться в состоянии сжатия, во всяком случае, интенсивный ток, проходя через разреженный газ, мгновенно нагревает его до чрезвычайно высокой температуры, тем более высокой, если масса газа очень мала. Однако, несмотря на то что газ может раскалиться до состояния яркого свечения, его напряжение всё-таки не может быть очень большим. Если после внезапного прохождения разряда давление нагретого воздуха превышает таковое окружающего воздуха, светящийся шар, или полость, должен расшириться, но наиболее вероятно, что этого не произойдет. Если, к примеру, давление воздуха в вакуумной полости составляло, скажем, одну сотую его нормального давления, что вполне вероятно, тогда, поскольку давление в полости зависело от абсолютной температуры газа внутри, потребуется температура, которая, по-видимому, едва ли достижима, чтобы поднять давление разреженного газа до нормального давления воздуха. Следовательно, будет резонно ожидать, что, несмотря на высокую степень раскаленности разреженного газа, наполненная им полость будет продолжать сжиматься, и здесь возникает существенный аргумент. Тогда как ранее считалось, что при формировании вакуумной полости искровой разряд или стример проходили через воздух, пробивая его, поэтому путь был, несомненно, очень тонким, нитевидным, и сверхмалое количество воздуха, служившее проводником для тока, расширялось со стремительностью взрыва до объема, во многие тысячи раз превышавшего первоначальный. Однако вследствие того обстоятельства, что количество вещества, через которое проходил ток, было малым, создались благоприятные условия для отдачи тепловой энергии, так что сильно увеличившийся в объеме газ — благодаря своему расширению, излучению и конвекции теплоты — мгновенно охлаждался.

Но какова картина, когда через разреженный газ проходит второй разряд и, возможно, множество последовательных разрядов? Эти разряды наталкиваются на уже увеличившийся в объеме газ, который благодаря свойствам, приобретенным в процессе разрежения, способен теперь воспринять гораздо

больше энергии. Очевидно поглощение энергии на любом заданном участке пути стримера или искрового разряда, в остальном при тех же условиях, пропорциональном сопротивлению этого участка пути, поскольку после однократного пробоя газа сопротивление других участков пути разряда гораздо меньше, чем сопротивление участка, в который входит вакуумная полость, в этой части пути тока неизбежно должно иметь место достаточно большое поглощение энергии. А теперь рассмотрим газовую массу, внезапно нагретую до высокой степени накала, но не обладающую способностью, как раньше, быстро, отдавать теплоту. Она не может остыть быстро от расширения, как во время образования вакуумной полости, не может она также и отдать много теплоты вследствие конвекции. Даже излучение до некоторой степени уменьшается. Напротив, несмотря на высокую температуру, газовая масса обречена на изоляцию в ограниченном пространстве, которое непрерывно сжимается, вместо того, чтобы расширяться. В рассматриваемом случае все эти обстоятельства способствуют тому, что газ, заключенный в этом пространстве при высокой температуре, остается в максимально раскаленном состоянии сравнительно долго. Таким образом, именно поэтому возникает феномен «шара» и поэтому же он может существовать в течение ощутимого промежутка времени. Как можно предположить, раскаленная масса газа в очень сильно возбужденной среде не может оставаться на одном месте, но будет, как правило, уноситься воздушными потоками в каком-либо направлении. Однако, немного поразмыслив, мы приходим к выводу, что шар, или светящаяся масса, какую бы форму она ни имела, всегда будет перемещаться от той точки, где взрыв произошел раньше, к точке, где такой взрыв случился позднее. Наиболее вероятно, что это произойдет на пути разряда, от начала пути до его окончания, но не всегда именно так. Например, может так случиться, что искровой разряд, появившийся в некой точке, попадает в тело, вещество которого испаряется или улетучивается с трудом, и что позднее, в другой точке, тот же самый или другой искровой разряд сталкивается с телом, вещество которого обладает большей летучестью. Если это так, то вспышка в более поздней точке произойдет раньше, и в итоге воздушный поток, после того как обе вспышки затухнут, будет перемещаться от более позднего участка к предшествующему. Но я считаю, что в большинстве случаев воздушный поток выберет противоположное направление, о чем говорилось выше. В каком бы направлении ни происходило движение, очевидно, что скорость не может быть очень большой. Действительно, все наблюдатели сходятся во мнении, что такого рода шаровая молния движется медленно. Если мы объясняем природу этого замечательного явления таким образом, мы приходим к вполне естественному заключению, что когда такой шар, перемещаясь, наталкивается на тело, например, частицу органического вещества, он вызовет его нагрев до высокой температуры, что приводит к внезапному высвобождению большого количества газа через испарение, или улетучивание, материи тела, результатом чего

будет ее рассеивание, или «взрыв». Можно, очевидно, предположить также, что токопроводящая масса шара, происхождение которой описано выше, и которая перемещается в весьма изолирующей среде, должна, вероятно, быть чрезвычайно наэлектризована, что во многих случаях подтверждается результатами наблюдений. Более полное понимание этого феномена будет достигнуто в процессе упорного экспериментального исследования на еще более мощной установке, характеристики которой в значительной степени уже определены, и которая будет построена, как только позволят время и средства. Однако можно, пожалуй, найти способ интенсификации механизма действия и теперешней установки. Весьма важную роль играет применение более подходящего способа фотосъемки стримеров, который выявляет этот феномен, для чего следует заготовить значительно большее количество светочувствительных фотопластин и экспериментировать с ними. Идея окрашивания пленок, ранее выдвигавшаяся, также могло бы стать полезной и привести к какому-либо ценному научному результату. Если считать доказанной возможность искусственного воспроизведения этого феномена, будет нетрудно более глубоко изучить его природу. Фотографирование, бесспорно, станет наилучшим средством исследования этого явления, и первые шаги должны быть сделаны в этом направлении. Несмотря на то, что шары, получаемые на экспериментальной установке, достигают, вероятно, $1\frac{1}{2}$ " в диаметре или, возможно, больше, на используемых сейчас фотопластинах они выглядят лишь как маленькие темные пятна, поскольку на пластине отпечатывается только ядро или центральная часть.

Колорадо-Спрингс

4 января, 1900

Фотографии, сделанные вместе с г-ном Алли с 17 по 31 декабря 1899 года, и их описание

XLII. Аналогичная иллюстрация того же аппарата в действии. Стримеры и искровые разряды возникают после 25 коротких включений рубильника. Искровые разряды достигают защитного колпака, пола и крыши. Отчетливо видно разбрызгивание на полу.

На фотографии можно отметить множество разных особенностей, некоторые из них уже были описаны. Так, например, пара стримеров отчетливо демонстрирует феномен, на котором я подробно останавливался, а именно: ярко светящиеся пятна, или шары. Запечатлено также и затухание яркости разветвляющегося стримера. Чтобы дать представление о размерах происходящего действия, мы опять ввели в изображение фигуру человека, сидит г-н Алли. Экспонирование с использованием дуговой лампы длилось 5 минут с

примерно наполовину открытым объективом, а затем мы применили вспышку, используя приблизительно полпакета порошка Истмена.

XLIII. Здесь запечатлен сбоку такой же разряд, идущий через весь ангар. На этом снимке искровые разряды более мощные и их больше, для чего было сделано пятьдесят включений рубильника. В данном случае искровые разряды и стримеры должны были исходить от изогнутого провода, образующего вывод экстра-катушки. Искровые разряды в направлении к колпаку и к крыше вызывают особый интерес. Острие, которое раньше было на шаре диаметром 30", мы сняли. К сожалению, экстра-катушка получила пробои в нескольких местах.

Некоторые стримеры образуют настоящие петли, поворачиваясь в обратную сторону, т.е. на самих себя. Любопытная особенность проявляется у одного длинного стримера, когда он наталкивается на деревянную опору шара и падает оттуда на заземляющий провод, идущий от шара. Видно, как некоторые стримеры бегут вдоль провода, не смыкаясь с ним, и, в конце концов, падают на шар. Это наглядная иллюстрация того, что путь такого разряда случайный и зависит от расположения частиц, находящихся в воздухе во взвешенном состоянии, и от воздушных потоков. На некоторых стримерах опять, как и в предыдущих случаях, наблюдаются светящиеся точки. В остальном этот эксперимент не отличался от предыдущих. Еще раз сфотографировали г-на Алли, после экспонирования в свете дуговой лампы была использована вспышка, как и в предыдущем случае.

XLIV. На этой фотопластине представлена экстра-катушка сбоку, от которой исходит разряд через лабораторию и направляется к полу; стримеры и искровые разряды, исходящие из нескольких тонких проводов, соединялись вместе и расходились веером на конце. В этом эксперименте несколько разрядов в направлении к полу были такими сильными, что вполне мог загореться деревянный настил в месте столкновения. Видно несколько «всплесков» от удара в дерево. У одного из стримеров очень хорошо видно расщепление, или разветвление. Один из искровых разрядов попадает на деревянное покрытие, исчезает и появляется вновь на некотором расстоянии от этого места, пройдя явно по более удобному проводящему пути через древесину. Мощный искровой разряд проскакивает к катушке, расположенной на подставке, вырывается наружу и попадает в верхний провод вторичного контура, вместо того чтобы пройти более коротким и легким путем по проводу к земле. Можно рассмотреть любопытные виражи и кручения у многих искровых разрядов и стримеров. В этом эксперименте было сделано 100 включений рубильника, а в остальном все условия прежние, колебания экстра-катушки — нормальные или близкие к норме.

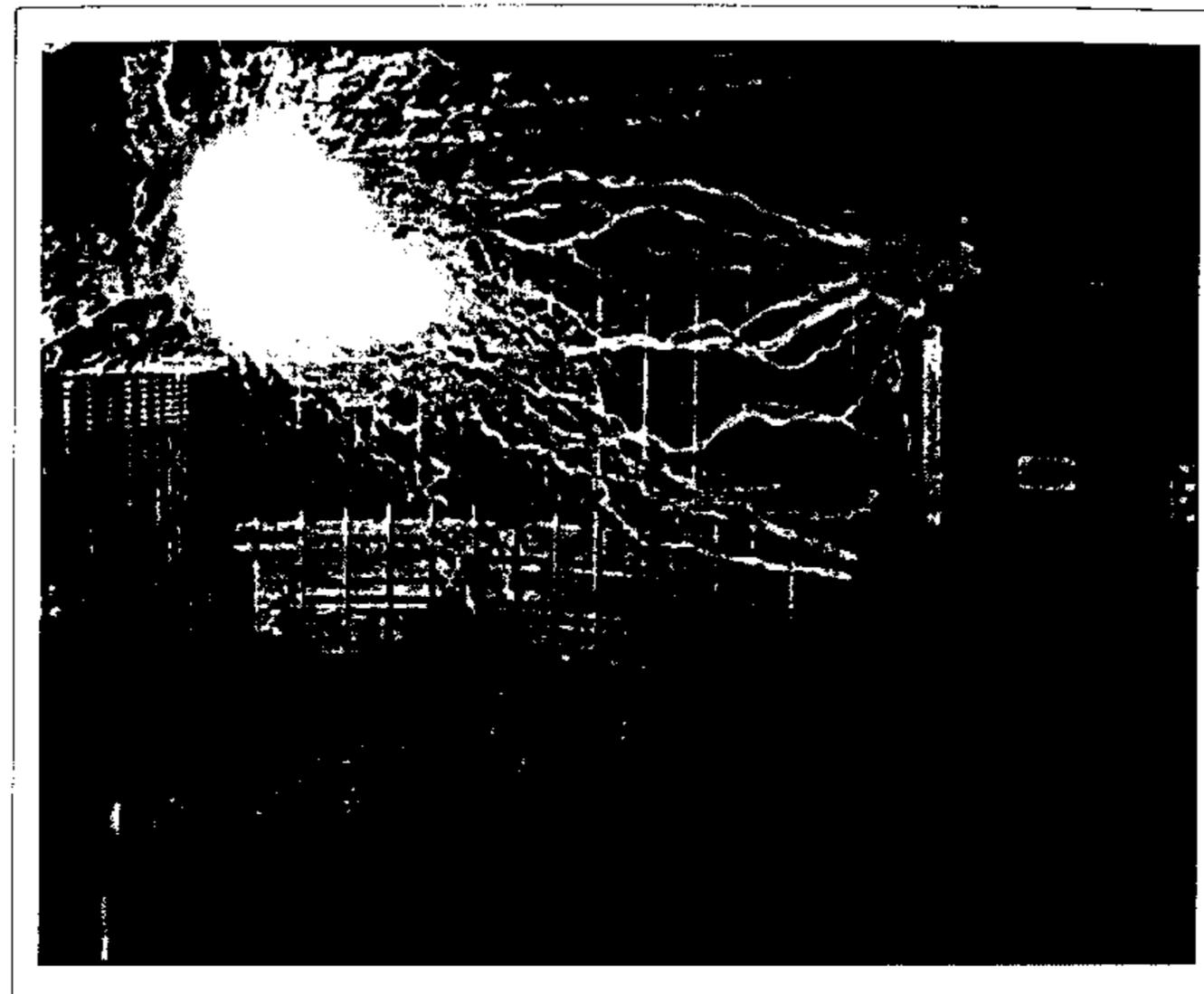


Фото XLIII. Разряд экстра-катушки, пересекающий пространство лаборатории. Вид сбоку. Сидит г-н Алли

XLV. Снимок демонстрирует несколько иную картину, где разряд от экстра-катушки направлен также в сторону и проходит через всё помещение. Мощные искровые разряды идут к колпаку, полу, катушке, стоящей на возвышении на подставке, и к крыше. На фотографии выявляются интересные особенности, подобные описанным выше.

Один из стримеров ведет себя странно, отходя от катушки на некоторое расстояние, а затем возвращаясь опять к ней. У некоторых искровых разрядов и стримеров хорошо просматривается такая особенность, как утолщение на нижнем конце вблизи пола, и это очевидно. Разряды длинные, так как они, согласно схеме, исходят из конца провода; утечки на других заострениях были в большинстве случаев очень невелики. Верхний провод вторичного контура сильно раскален. В данном случае рубильник включали пятьдесят раз, в остальном же все условия были, в основном, прежними.

XLVI. В этом случае экстра-катушка опять выбрасывает разряд вбок, как и во многих уже описанных примерах. Так как в одной точке кабеля с резиновой изоляцией, образующего два последних, или верхних, витка экстра-катушки, была сильная утечка, мы в этой точке присоединили шар диаметром 30": преследовалась цель снизить напряжение и предотвратить утечку. Мы рассчитывали, что разряд от конца провода, откуда он, по замыслу, должен исходить, будет таким образом усилен. В данном случае это так и произошло, но присутствие шара до некоторой степени замедлило колебания экстра-катушки, нарушая тем самым оптимальный режим работы, необходимый для резонанса, который можно получить на установке, потому что пришлось подключить катушку индуктивности последовательно с первичным контуром осциллятора, а это привело к небольшому снижению экономичности. Некоторые стримеры, исходящие от большого шара, несмотря на утечку на конце провода, наглядно демонстрируют колоссальную электродвижущую силу и огромное количество электрической энергии в системе. Множество мощных искровых разрядов идет к катушке на возвышении и еще больше к земле через деревянный настил, на котором можно увидеть интересные явления, описанные выше. Особенно четко просматривается активность некоторых искровых разрядов, вследствие чего происходит воспламенение или испарение древесины в том месте, куда они попадают. В ряде случаев хорошо видно и разбрызгивание о поверхность деревянного настила. Часть настила, подвергшаяся ударам множества искровых разрядов почти одновременно, заметно освещена, главным образом за счет возросшей яркости искровых разрядов на поверхности пола или вблизи него. Такое дополнительное свечение, как можно увидеть во время эксперимента, а также в процессе изучения фотографии, проявляется благодаря моментальному воспламенению материала, за счет чего можно также отнести и утолщение некоторых искровых разрядов вблизи пола. На отдельных стримерах бросается в глаза необычное винтовое движение. В этом эксперименте опять было сделано 100 включений рубильника, остальные условия, насколько это осуществимо, те же.

XLVII. На этой пластине такой же снимок, как и предыдущий. Но шар не стали соединять с верхом экстра-катушки, и колебания последней стали весьма близки к норме. Несмотря на самым тщательным образом выполненную изоляцию слюдой и резиной сверху, тем не менее искровые разряды и стримеры, исходящие от конца провода, достигают большой длины. Некоторые искровые разряды движутся по странно изогнутым траекториям к верхнему проводу вторичного контура. По прямой их путь достигает длины около 22 и более футов. Разряд создает тягу, о чем свидетельствует расщепление некоторых искр или стримеров в отдельных разрядах, вызываемых действием дискового прерывателя. В этом случае опять можно отметить немало интересных конфигураций стримеров и некоторые явления, описанные выше. Видно,

как несколько искровых разрядов продолжают движение по полу. Искры, долетающие до колпака, отчетливо и живописно демонстрируют эффект тяги, возникающей вследствие быстрого нагрева воздуха. Любопытную особенность проявляют некоторые стримеры, когда они фактически делают петлю, замыкаясь на себя. Вторичный контур резонирует очень сильно, но мощные стримеры на верхнем проводе отчасти обусловлены реакцией возбужденной системы. В данном случае было сделано также 100 включений рубильника, в остальных условиях оставались, практически, такими же, как раньше.

XLVIII. Эта фотопластина иллюстрирует один из самых мощных разрядов из тех, что мы наблюдали в том же режиме, что и в предыдущих случаях, на которых мы подробно останавливались. Стримеры и искровые разряды опять исходят от заостренного конца провода — свободного вывода экстра-катушки. И опять некоторые искровые разряды перемещаются по спиралевидным траекториям, очень длинным, гораздо более длинным, чем путь по прямой, который им следовало бы пройти до верха вторичного контура. Длина их траекторий, вполне вероятно, может равняться пятидесяти футам или около того, их отличает чрезвычайная яркость. Отчасти это обусловлено емкостью шара диаметром 30", присоединенного к верхнему витку экстра-катушки. Несколько очень ярких и плотных искровых разрядов проскакивают от шара к колпаку наверху, а другие, значительно более длинные, хотя и менее яркие, пересекая пространство лаборатории, наталкиваются на катушку, находящуюся на возвышении на подставке. Один из стримеров поражает своей необычной скрученностью и изогнутостью. Трудно представить себе, каким образом разряд может проходить через воздушную среду таким путем, если имеется технически подготовленный замысел заставить их воспользоваться кратчайшим маршрутом.

Необычно изогнутая траектория четко демонстрирует, что разряды большой длины и особенно те, которые проходят по воздуху с одиночного вывода, чрезвычайно чувствительны к воздушным потокам. Эта чувствительность еще более усиливается, когда стример или искровой разряд не обязаны всегда исходить из одной точки или точек, например, когда вывод представляет собой заостренный провод, но могут с той же легкостью исходить из других точек, например, в случае, когда терминалом является большой шар или диск. В этом случае малейшей тяги достаточно, чтобы изменить положение и форму стримера. В данном случае разряд также весьма подвержен иным влияниям, таким, как магнитное или электрическое воздействия, рентгеновское излучение, источник света, и другие силы или возмущения в окружающей среде.

Теперь я имею более полное представление о том, почему «вращающаяся щетка», описание которой я сделал несколько лет тому назад, обладает такой замечательной чувствительностью, во много раз большей, чем у любого чувствительного устройства. Как мне видится, чувствительное устройство

в телеграфии, действующее по этому принципу, должно быть, в конечном счете признано предпочтительным. Беда в том, что трудно или, по меньшей мере, несподручно воспроизводить и сохранять это явление, но со временем это препятствие будет преодолено. Фотография, о которой идет речь, со всем великолепием демонстрирует процесс распада на части и разбрызгивания стримера после его столкновения с деревянной конструкцией, что происходит из-за внезапного выделения тепла и образования газа в этом месте. Фотография дает представление о неистовой силе разряда, полученного при 100 включениях рубильника с сохранением остальных условий прежними.

Колорадо-Спрингс

5 января, 1900

Фотографии, сделанные вместе с г-ном Алли с 17 по 31 декабря 1899 года, и их описание (продолжение)

XLIX. На этой фотопластине опять представлена экстра-катушка (вид сверху) с разрядом, исходящим от расположенного наверху латунного кольца, упоминавшегося ранее, на котором были закреплены направленные вверх заостренные тонкие провода. Поскольку стримеры, согласно схеме, должны исходить из огромного количества точек одновременно, они, бесспорно, слабее тех, что исходили, как в некоторых предыдущих опытах, из немногих точек. Фотография наглядно свидетельствует о тонкости их структуры. Но суммарное количество энергии, выбрасываемой в атмосферу в этом эксперименте, очень велико, и катушка в активном состоянии уподобляется раскаленной печи, создавая мощный поток воздуха через отверстие в крыше, который, устремляясь вверх, воздействует на стримеры, что и зафиксировано на фотопластине, особенно это относится к верхним стримерам. Необычно длинный искровой разряд проскакивает к проводу, идущему от вторичного контура. Не вызывает сомнений, что множество стримеров расщепляются на такое количество более мелких, что они не отпечатываются в достаточной степени на фотослое. В этом эксперименте было также выполнено 100 включений рубильника при почти полном соблюдении прежних условий. Эдс на выводах системы с экстра-катушкой будет, неизбежно, меньшей по причине отсутствия помех для выброса стримеров и большой потери в воздушной среде, что вызывает более быстрое затухание свободных колебаний системы, чем в некоторых предшествующих экспериментах.

L. На этой фотографии представлено изображение экстра-катушки с разрядами от латунного кольца и закрепленных на нем проводов; на этот раз провода направлены вниз. Стримеры демонстрируют во многом те же

признаки, что и раньше, и многие, вследствие их большого количества, очевидно, не обладают достаточной мощностью, чтобы запечатлеть свой путь на фотослое. У большинства из них проявляется только эффект сильного свечения. Изредка мощные искровые разряды проскакивают в направлении к проводу, идущему от вторичного контура. И вновь снимок был сделан при 100 замыканиях рубильника и при нормальном возбуждении системы экстра-катушки.

LI. Еще один снимок экстра-катушки с выбросом разряда при сходных условиях и в том же ракурсе. В данном случае провода, прикрепленные к латунному кольцу, образующему последний виток экстра-катушки, еще больше направлены вниз. Чтобы в какой-то степени усилить стримеры, мы уменьшили количество разрядных проводов. Стримеры в верхней части снимка очень красивы из-за необычно изогнутых траекторий. Однако тонкая структура разряда опять говорит об ослабляющем действии множества проводов, или точек, и хода, хотя отдельные разряды явно сильнее, чем раньше. Некоторые искровые разряды проскакивают к кошаку и к полу, выглядят интересно и доказывают, что эдс возрастает с уменьшением количества разрядных проводов. Действительно, некоторые искровые разряды и стримеры достигают большой длины, наблюдается множество примеров их расщепления самым причудливым образом. Кроме того, проявляется эффект сильной тяги. Фотография выглядит более привлекательно благодаря симметричности изображения. Все условия съемки оставались неизменными.

Колорадо-Спрингс

6 января, 1900

Фотографии, сделанные вместе с г-ном Алли с 17 по 31 декабря 1899 года, и их описание (продолжение)

LII. На этой фотопластине зафиксирован разряд от верха экстра-катушки, вызванной однократным замыканием рубильника на очень короткий промежуток времени. Разряд опять изображен исходящим из латунного кольца в верхней части экстра-катушки.

Несколько стримеров проходят по воздуху, а искровые разряды устремляются к кошаку над катушкой. Выделяются один или два стримера, движущиеся необычным образом – винтообразно или вращаясь. Световое излучение от разряда, хотя и длящееся лишь долю секунды, достаточно мощное, чтобы высветить часть конструкции и верх катушки. Воздушный поток разделяет искровые разряды и стримеры, генерируемые диском прерывателя, на отдельные разряды. Это выглядит очень красиво. Колебания катушки

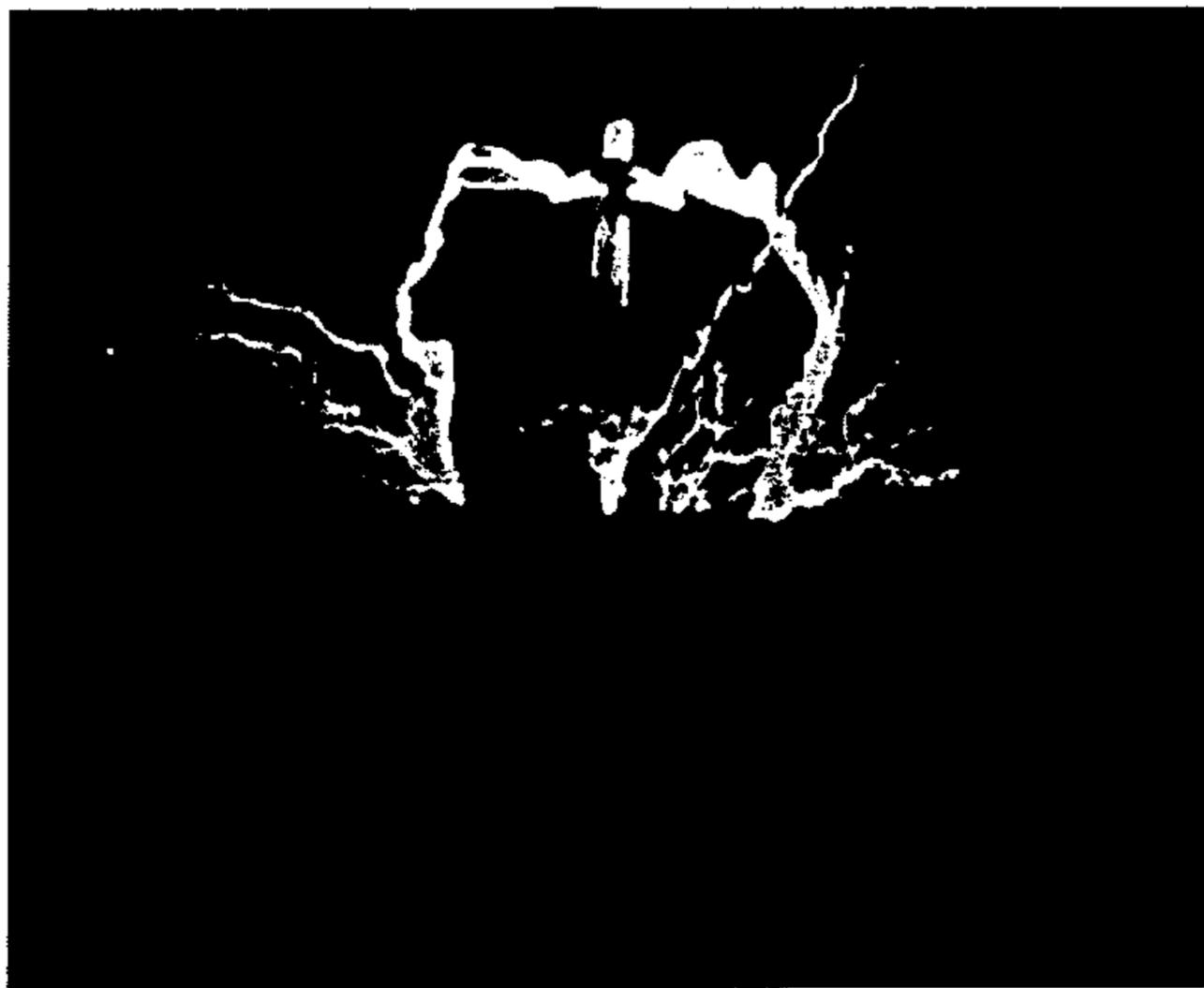


Фото LII. Разряд от верха экстра-катушки после однократного замыкания цепи на очень короткий промежуток времени

и все другие условия те же, что и в большинстве предыдущих случаев. Никакой дополнительной подсветки дуговой лампой или вспышкой.

LIII. Это еще одна иллюстрация разряда экстра-катушки, полученного при тех же условиях после однократного замыкания цепи посредством рубильника, но на более долгое время. Это вариант к фотографии VI, уже описанной, только дверь не была открыта, как в том случае, и поэтому тяга была меньше. На фотоснимке можно увидеть очень любопытное явление: стримеры и искровые разряды выгибаются вверх над самими собой и перекручиваются.

Кое-где стримеры, фактически, прерываются. Этот замечательный феномен уже описан в связи с предыдущим исследованием. Некоторые стримеры, кроме того, выглядят исключительно тонкими, несмотря на то, что они должны быть такими же толстыми, как и остальные, судя по их расположению относительно фотоаппарата.

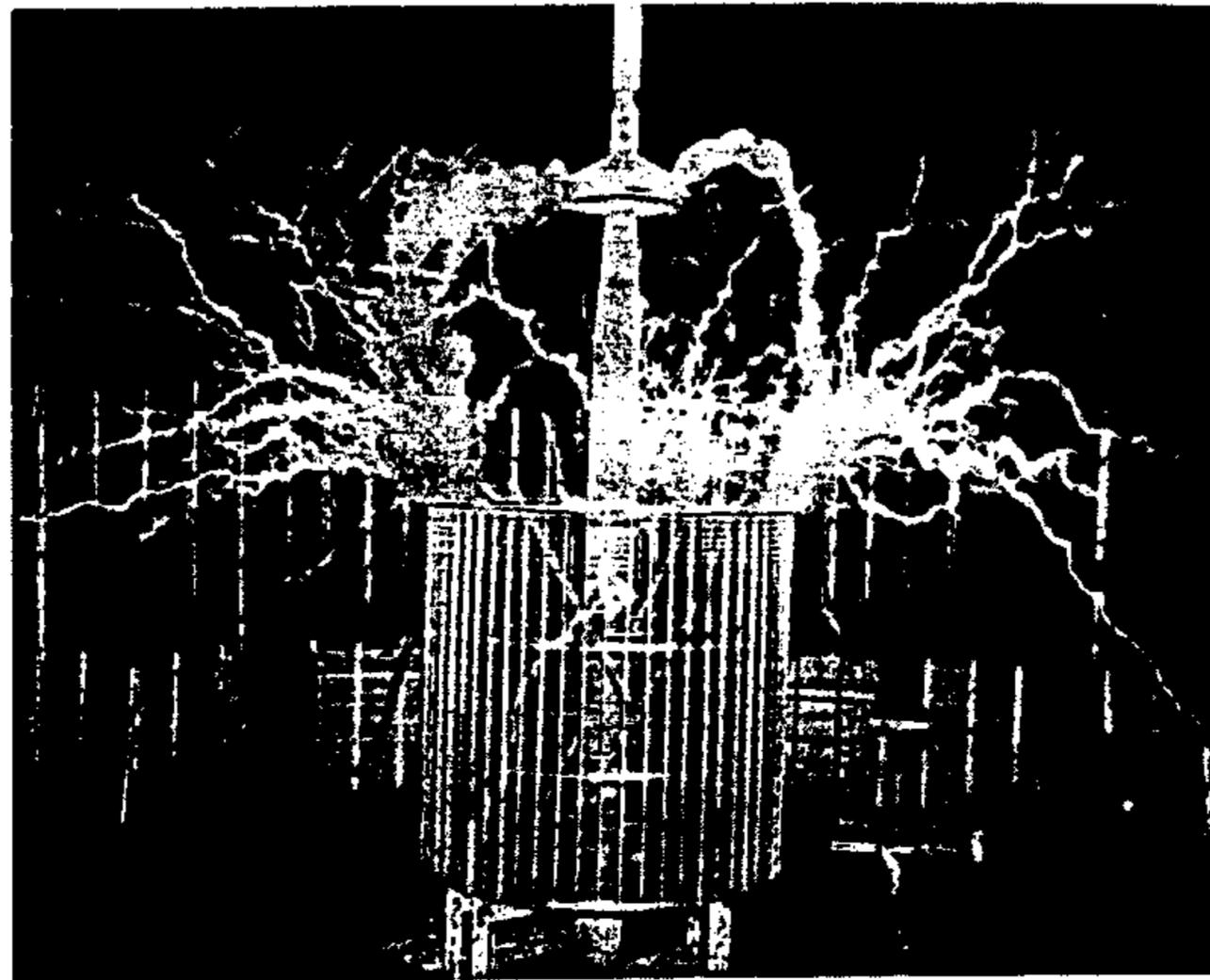


Фото LIII. Условия выброса разряда подобны тем, что на фото LII, при однократном замыкании цепи, но на более длительный промежуток времени

Это, очевидно, обусловлено меньшей актиничной способностью именно этих разрядов, вследствие чего на фотослое отпечатывается только центральная, или белая, часть. Искровой разряд, проскакивающий к полу, проявляет свойство разбрызгивания, о чем очень подробно уже говорилось выше. Несколько искровых разрядов достигают крыши, но не продолжают движение по ней, будучи довольно слабыми при таком удалении. В целом фотография весьма живописна. Все характеристики отвечали норме или были близки к ней.

LIV. На этой фотографии, сделанной в условиях, близких к норме, мы опять видим экстра-катушку вид спереди, с разрядом, направленным вверх и исходящим от латунного кольца, или верхнего витка. По условиям эксперимента было сделано 100 ходов рубильника. Изображение на фотопластине вызывает большой интерес, благодаря исключительной тонкости стримеров и, возможно, еще в большей степени благодаря необычным траекториям

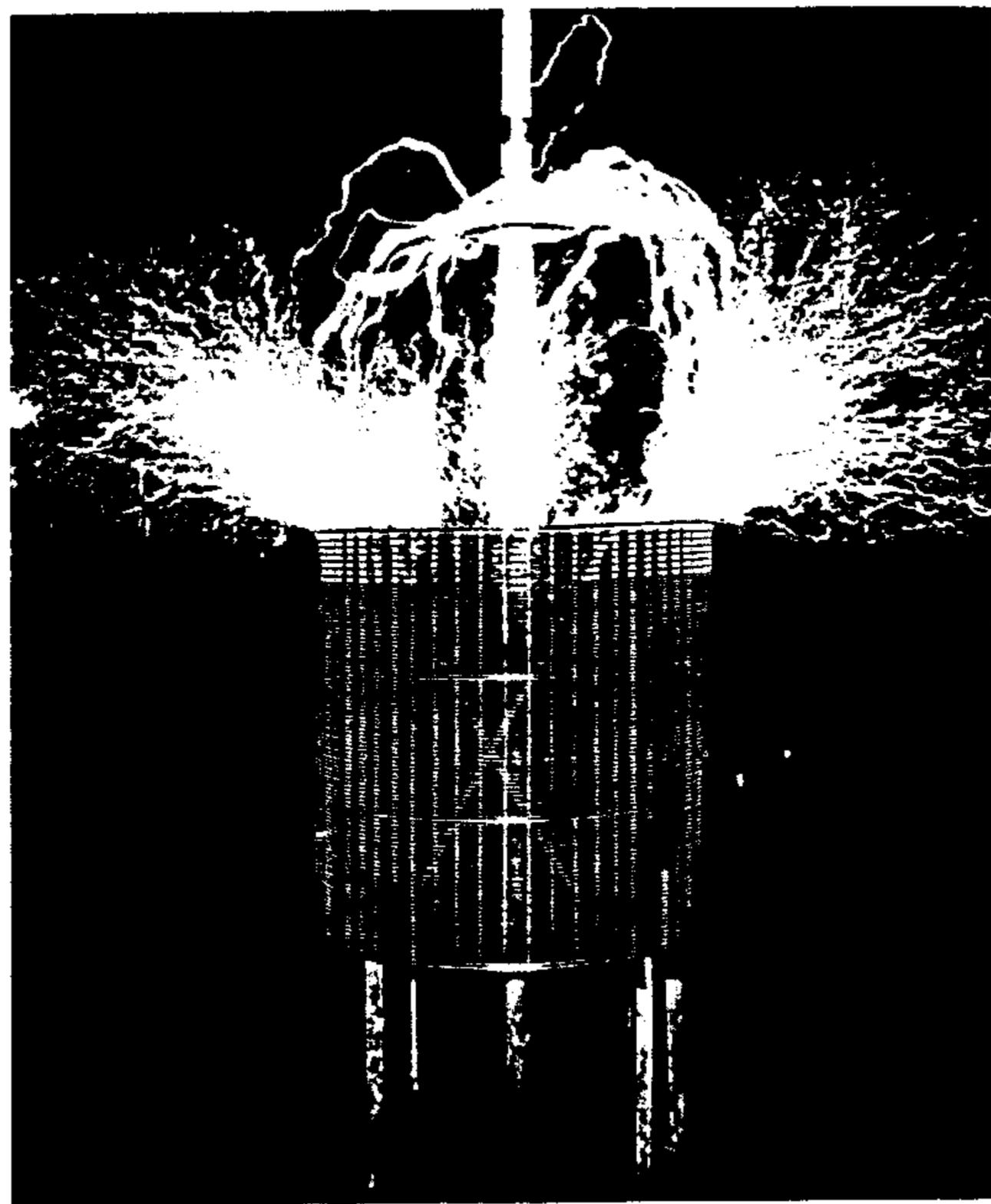


Фото LIV. Экстра-катушка с разрядом, исходящим от латунного кольца и направленным вверх

искровых разрядов. Видно, как один из них проскакивает совсем рядом с колпаком, не поражая его, но предпочитая точку на стальной мачте намного выше колпака. Еще один стример с интересной деталью: он проходит вблизи стальной мачты и утекает через отверстие в крыше, не подвергаясь, по всей видимости, какому-либо воздействию из-за близости мачты. Эти два разряда очень длинные, особенно второй. Очень удачная фотография с отличной фокусировкой.

LIV. Эта фотопластина иллюстрирует боковой разряд, пересекающий пространство лаборатории. Разряд исходит от конца провода, образующего свободный вывод экстра-катушки, распределяется главным образом в направлении пола и верхнего провода вторичного контура. Искровые разряды и стримеры, будучи очень мощными и длинными, проявляют много необычных эффектов, отмечавшихся в нескольких описаниях выше. Один искровой разряд, проскакивающий от вывода экстра-катушки через лабораторию, редкой красоты, исключительно удачно демонстрирует зрелищность отдельных разрядов, выброс которых осуществляется диском прерывателя. У нескольких искровых разрядов и стримеров кое-где видны светящиеся точки, возможно, шаровые молнии. Я уже подробно останавливался на этом интереснейшем явлении и разьяснял свое видение его истинной природы. Возможно, вызовет интерес мысль, что такие светящиеся точки могут быть получены другими способами, не связанными с природой шаровых молний. Один из способов стоит, пожалуй, описать здесь. Хорошо известно, по крайней мере я допускаю это, что если по проводнику пропустить два или более колебаний с разным шагом, то можно вызвать образование узловых точек и точек с максимальным эффектом и побудить их медленно перемещаться по проводнику. Я нередко добивался такого результата при двух колебаниях, период которых лишь слегка различался благодаря тому, что период одного из колебаний был регулируемым. Мне кажется, я уже описывал где-то эффект такого рода.

Путем замещения медного проводника вакуумной трубкой большой длины я также получал и в трубке в той или иной степени светящиеся полосы, бороздки или пятна, которые перемещались вдоль трубки со скоростью, зависящей от относительной длины волны обоих колебаний и регулируемой по желанию путем корректировки длины волны одного из колебаний. Дело, однако, в том, что наблюдая это явление в вакуумных трубках еще задолго до этого, я и представить себе не мог его значения, пока не добился такого же эффекта на проводе, следуя описанному методу. Теперь совершенно ясно, что, поскольку стример является токоведущей дорожкой, сопоставимой с проводом, такое же явление может иметь место на самом стримере как результат двух (или, возможно, большего числа) колебаний различной длины волны. Это тем более вероятно, что прохождение двух колебаний такого рода в данной установке легко осуществимо, поскольку, когда происходит разряд, емкость или

индуктивность цепи, или обе характеристики, могут подвергаться изменениям, тем самым в незначительной степени видоизменяя период, но достаточной, чтобы вызвать появление этого феномена. Я действительно часто отмечаю такие вариации постоянных характеристик осциллирующей цепи, при этом эти колебания показателей можно получить и многими другими способами. Следовательно, вполне допустимо, что на таком длинном искровом разряде или стримере можно увидеть одну точку с большей или меньшей яркостью свечения или несколько таких точек, которые перемещаются по траектории разряда с небольшой скоростью, не имея при этом ничего общего с явлением шаровых молний, объяснение которым дано выше.

Если бы прерывание разряда на некоем участке его маршрута, как отмечалось выше, не было действительно и безошибочно зафиксировано, я бы считал вполне допустимым, что этот феномен происходит вследствие невиди-

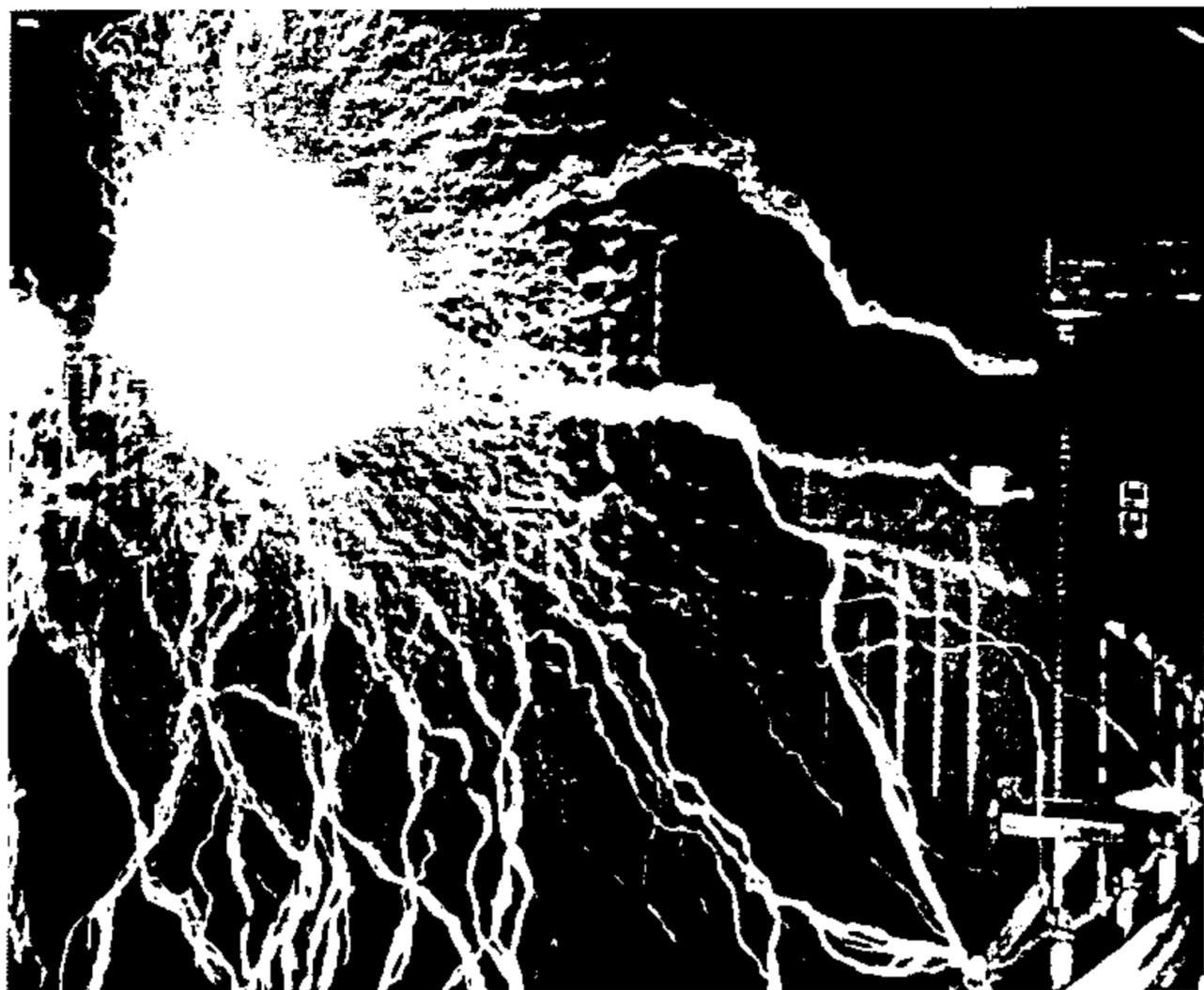


Фото LV. Экстра-катушка с боковым разрядом, пересекающим всю лабораторию от конца провода, образующего свободный вывод катушки, к полу и верхнему проводу вторичного контура

мой части, или узловой области, сформировавшейся на стримере изложенным выше способом, которая была или неподвижной, или медленно перемещалась по траектории разряда, что могло иметь место. Полагаю, что смогу разобраться в сути этого явления в ходе следующего эксперимента, который предлагаю провести. Идея в том, чтобы сформировать стример, желательно прямой, который будет неизменно проходить по одной траектории, что позволит отследить явление, проходящее по стримеру точно так же, как по проводу. Кроме того, желательно, чтобы стример был очень большой длины. Убежден, что смогу осуществить это следующим образом.

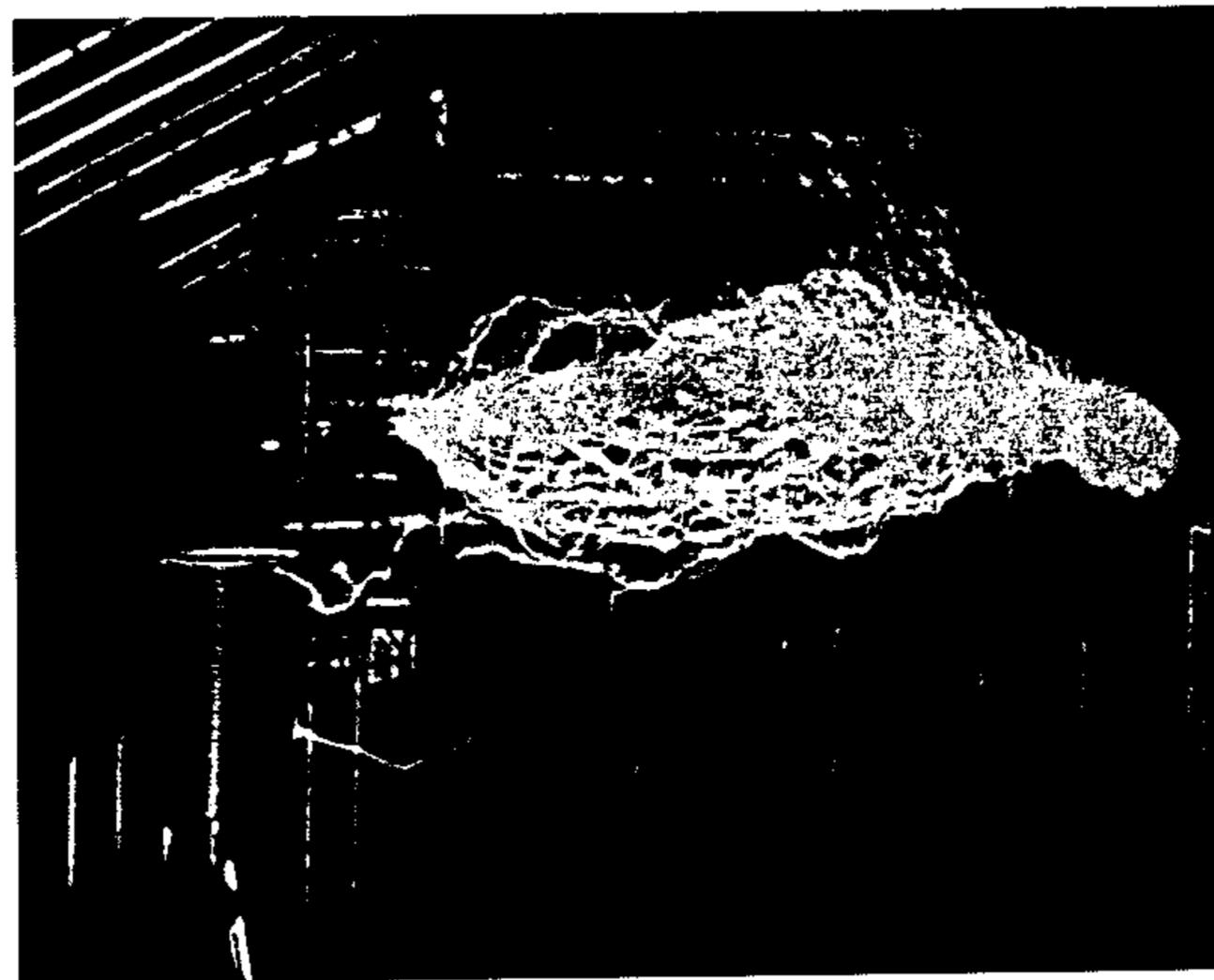


Фото LVI. Разряд экстра-катушки, который исходит от шара диаметром 30", являющегося свободным выводом, к катушке на подставке

Необходимо заготовить стеклянную трубку, составленную из соединенных вместе отдельных трубок довольно большого диаметра, их общая длина должна составлять, скажем, от 30 до 50 футов. Конец надежно изолированного провода, образующего свободный вывод катушки, исследуемой здесь как

экстра-катушка, следует ввести в один конец стеклянной трубки по ее центру, так что стример, когда он сформируется на конце этого провода, будет стремиться пройти вдоль трубки через ее внутреннее пространство. Однако для того чтобы не подпускать разряд к стеклу, на противоположном конце трубки необходимо применить отсасывание или же нагнетать поток воздуха через трубку – со стороны разрядного провода к ее другому, открытому концу любым подходящим способом, – с тем чтобы заставить стример проходить по оси стеклянной трубки. Если трубка большого диаметра, то, я полагаю, будет нетрудно провести этот эксперимент. Ну а стример можно генерировать посредством колебаний с малой длиной волны, и при таком режиме несложно создать неподвижные, или смещающиеся узловые, или максимальные точки на пути стримера.

Возвратимся, однако, к анализируемой фотографии, где несколько траекторий, которые вычерчивает разряд, выглядят в высшей степени необычно.

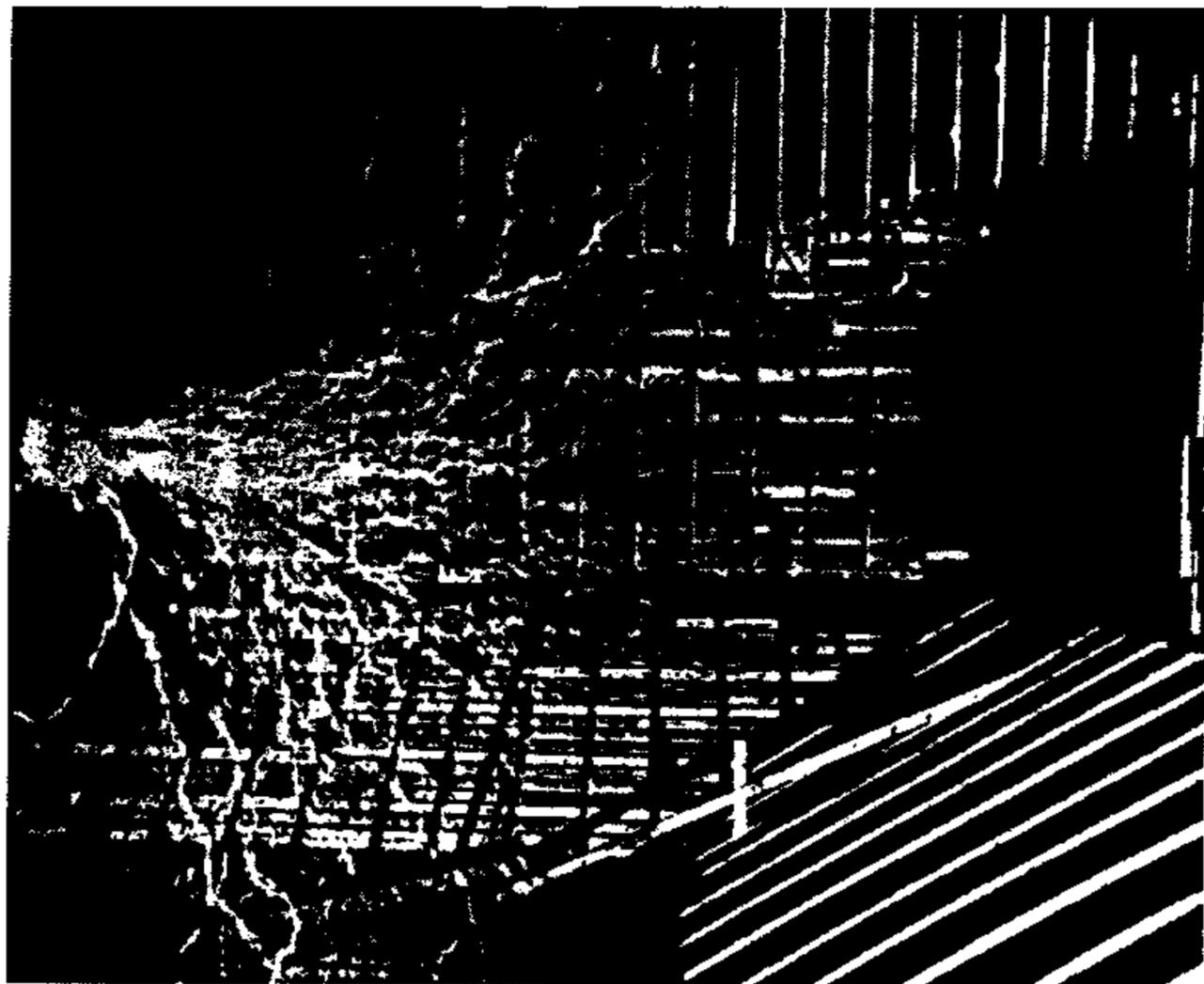


Фото LVII. Этот снимок подобен фото LVI, но разряды проходят в воздушном пространстве через всю лабораторию

Многие характерные особенности, на которых ранее подробно останавливались, опять просматриваются, и даже более отчетливо. Так «выплескивание», расщепление и воссоединение отчетливо видно. Несколько стримеров наталкиваются на крышу, а один оказался особенно опасным: на фотопластине видно, что после столкновения с крышей он разделился на три части, следуя конструкции. Это вряд ли пропечатается, воспламенение крыши могло бы стать неизбежным, если бы рубильник оставался включенным хотя бы на долю секунды дольше. Но, управляя рубильником, я всегда улавливал момент, чтобы немедленно отпустить ручку, если случалось, что разряд резко прорывался к крыше. Можно только сожалеть, что постройка, хотя и очень просторная для рядовых опытов, не позволяла производить разряды еще большей мощности, чем описанные выше, и их можно было бы легко получать на теперешней установке, которая – при большем количестве меди в катушках, в частности в экстра-катушке, и, возможно, без каких-либо изменений – позволила бы мне

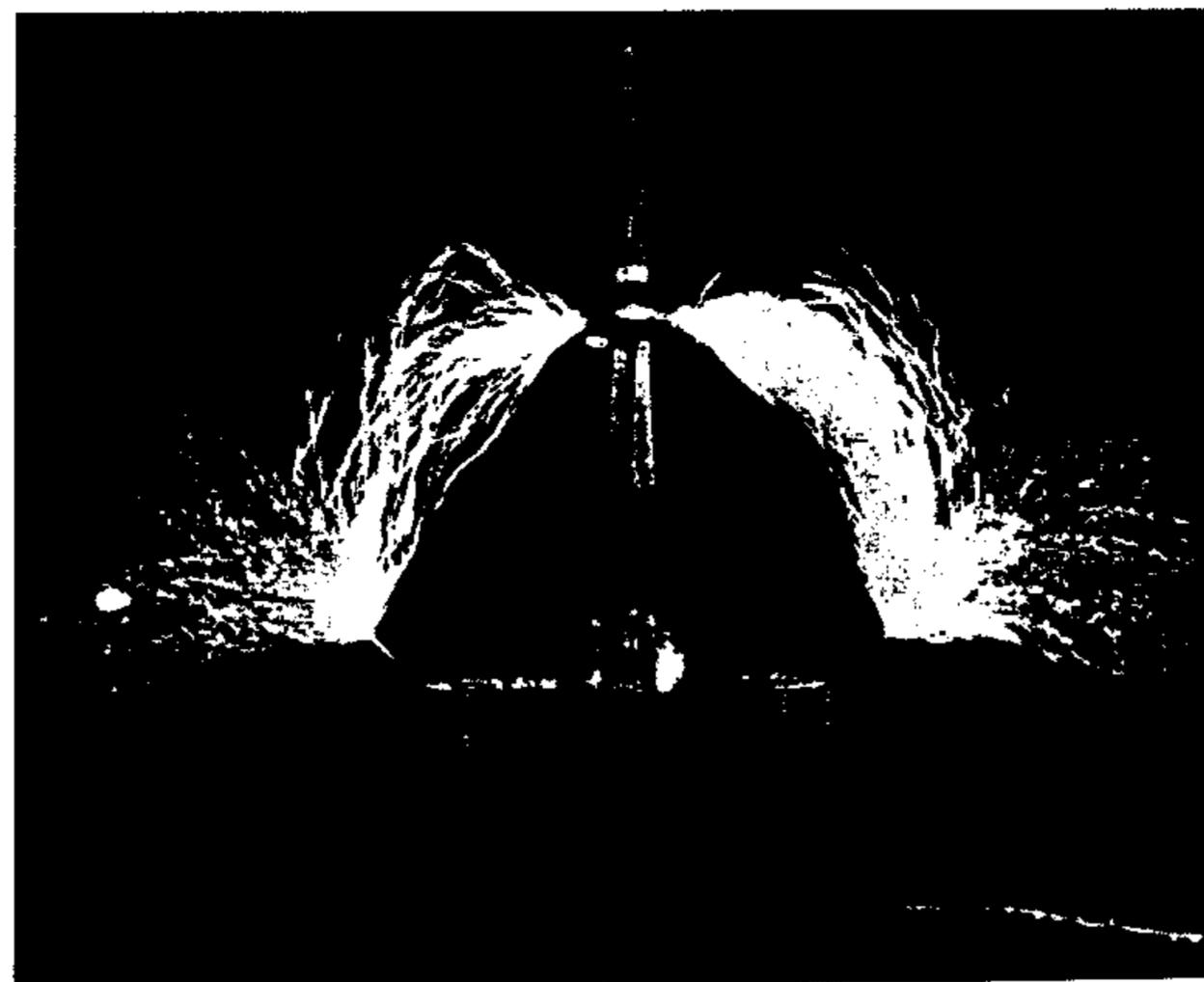


Фото LVIII. Разряд от экстра-катушки, исходящий от двух диаметрально расположенных проводов, направленных вверх и закрепленных на латинском кольце на верхи катушки

достичь практически двукратного или троекратного увеличения длины разрядов. В ходе эксперимента было видно, как огромное количество искровых разрядов проскакивало к верхнему витку вторичного контура. Эти разряды могли бы, если не принять адекватных мер предосторожности, вне всяких сомнений, вывести из строя конденсаторы и трансформатор Вестингауза, а также и другую аппаратуру, подключаемую к контурам, или находящуюся на небольшом расстоянии от них, при этом не имеет значения, насколько надежна их изоляция. При должном заземлении контуров эта угроза в значительной степени снижается. В описываемом здесь эксперименте было сделано 100 замыканий, довольно коротких, осуществляемых посредством рубильника, а остальные, не упоминаемые здесь детали, были прежними.

Несмотря на схожесть множества экспериментов, тем не менее устройства для их проведения требовали особой настройки, например, в отношении размера и формы выводов, а характер разряда в какой-то степени оказывал влияние на константы колебательной системы или систем. Но отклонения от условий, принятых за норму, были весьма незначительными, индуктивность первичного контура, или контура возбуждения, изменялась только при включении в цепь регулировочной катушки с очень малым количеством витков.

LVI. На этой фотографии разряд экстра-катушки, исходящий от шара диаметром 30", являющегося свободным выводом, проходит через лабораторию к обращенному к нему проводу, отходящему от верха катушки на подставке. Разряду придана меньшая длина с целью повышения его яркости. Кратчайшее расстояние по прямой от шара до провода равно одиннадцати футам. Так как свечение искровых разрядов могло вызвать искажение изображений, фотосъемку провели с диафрагмой с очень малым отверстием. Четко видны отдельные разряды, совпадающие с замыканием цепи посредством диска прерывателя. Интересно наблюдать изогнутые траектории искровых разрядов, гораздо более длинные, чем доступный им кратчайший маршрут. Некоторые из искровых разрядов уклоняются от провода, предпочитая пройти по меньшей мере в два раза большее расстояние через воздушное пространство. Любопытное свойство демонстрирует один из самых длинных стримеров, который на участке вблизи провода, отходящего от катушки на подставке, превращается из стримера в искровой разряд. Кроме того, необычно выглядит его траектория, проходящая намного выше конца провода и возвращающаяся к нему. В данном случае сделали 50 включений рубильника, и колебания были слегка замедленными по сравнению с нормой за счет большого шара на свободном выводе.

LVII. На этой фотопластине представлена экстра-катушка с шаром диаметром 30" в качестве свободного вывода, с выбросом разряда, направленного вбок, через лабораторию в воздушную среду. Разряды гораздо более мощные,

чем те, которые срываются с шара, что требует гораздо более высокую эдс. Емкость также вносит свою лепту в их интенсивность и энергетику. Кроме того, на многих стримерах заметны светящиеся точки; стримеры достигают большой длины, особенно один, который пересекает всю лабораторию и поражает стену. Конец, вероятно, слишком тонок, чтобы четко отпечататься. Многие разряды уносит к крыше создаваемой ими же тягой. Опять было сделано 100 включений рубильника. В других отношениях условия прежние.

Колорадо-Спрингс

7 января, 1900

*Фотографии, сделанные вместе с г-ном Алли с 17 по 31 января 1899 года.
Особенности отснятого материала (продолжение)*

LVIII. На этой фотографии запечатлена экстра-катушка (вид спереди) с разрядом, исходящим от двух диаметрально расположенных проводов, направленных вверх, закрепленных на латунном кольце, т.е. на последнем витке, наверху. Искровые разряды, в изобилии идущие к колпаку над катушкой, образуют красивейшую симметричную фигуру, удивительную привлекательность которой еще более усиливают тонкая текстура и заостренность траектории разряда. От латунного кольца на верхней части катушки отходят слабые стримеры, создающие эффект пламени. Оба провода, с концов которых срываются искровые разряды и стримеры, раскалены до состояния свечения по всей длине. Эта характерная особенность указывает на очень большое количество электрической энергии. Верхний виток вторичного контура, а также провод, идущий к экстра-катушке, сильно светятся, при этом степень свечения последнего гораздо выше. Время от времени проскакивают исключительно яркие искровые разряды. Это происходит в том случае, когда разряд на одном проводе, или заостренном конце, происходит значительно раньше. В этом случае искровой разряд продолжает движение по этой дорожке, и практически вся поступающая энергия идет этим путем. В этом эксперименте, как и в большинстве предыдущих случаев, было произведено 100 включений рубильника при соблюдении всех прежних условий.

LIX. На этой фотопластине показана экстра-катушка (вид спереди), только теперь разряд вынужден исходить не от двух проводов, как раньше, а от множества проводов. Провода прикреплены к латунному кольцу и направлены вверх, как в предыдущем опыте. Изображение на этой фотографии также симметрично и необыкновенно красиво. Более сильные искровые разряды и стримеры, случающиеся время от времени, обладают весьма интересными особенностями. Некоторые искровые разряды, возникающие сзади,

не попадают под колпак, хотя и проходят рядом с ним, а летят по кругу и, в конце концов, поражают колпак спереди. Один из стримеров, чрезвычайно длинный, устремляется сначала вверх, проходит некоторое расстояние вдоль мачты, затем делает поворот и, двигаясь горизонтально, покрывает приличное расстояние и, в конце концов, резко уходит вверх через отверстие в крыше, уносимый, очевидно, внезапным порывом воздушного потока. Несколько искровых разрядов проскакивают вверх рядом с колпаком и, пройдя значительное расстояние, возвращаются к нему. Все провода, испускающие стримеры, светятся. Мы вновь произвели 100 включений рубильника, уровень колебаний и прочие характеристики оставались близкими к норме.

LX. Эта фотопластина вызывает большой интерес, иллюстрируя разряд от шара диаметром 8" и двух диаметрально расположенных проводов, прикрепленных к нему. Экстра-катушка расположена в центре снимка. По

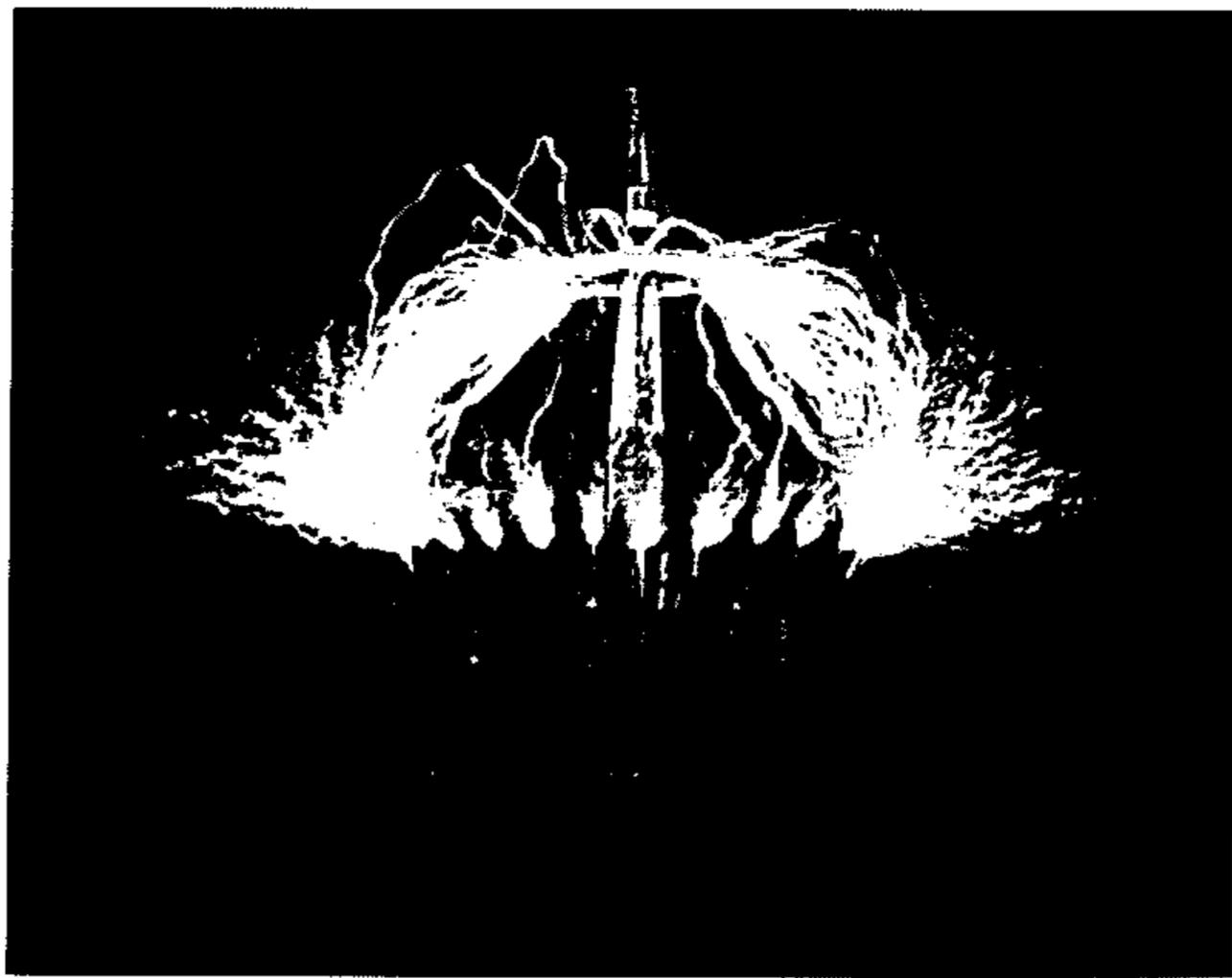


Фото LIX. Разряд экстра-катушки, исходящий из множества проводов, прикрепленных к латунному кольцу, как на фото LVIII

направлению к полу проскакивают очень сильные искровые разряды, некоторые необычным образом извиваются, стремительно срываются, демонстрируя несколько уже описанных феноменов. Искровые разряды и стримеры направляются также и к колпаку, крыше и стенам постройки. Некоторые из стримеров достигают большой длины, достигающей, по крайней мере, до тридцати футов по прямой, в то же время некоторые искровые разряды имеют размеры до двадцати или более футов. Такие разряды отличаются большой яркостью и интенсивностью. Верхние стримеры указывают на наличие сильного воздушного потока, созданного теплотой, образовавшейся от разряда. Мы опять произвели 100 включений, при этом остальные детали оставались прежними.

LXI. Еще одна красивейшая фотография, на которой видны стримеры и искровые разряды, исходящие от диска, находящегося прямо перед фотокамерой. Фотоаппарат, как и прежде, направлен на экстра-катушку прямо по центру, при этом диск, образуя свободный вывод, находится на конце вертикальной оси катушки. Создается впечатление, что в некоторых быстро

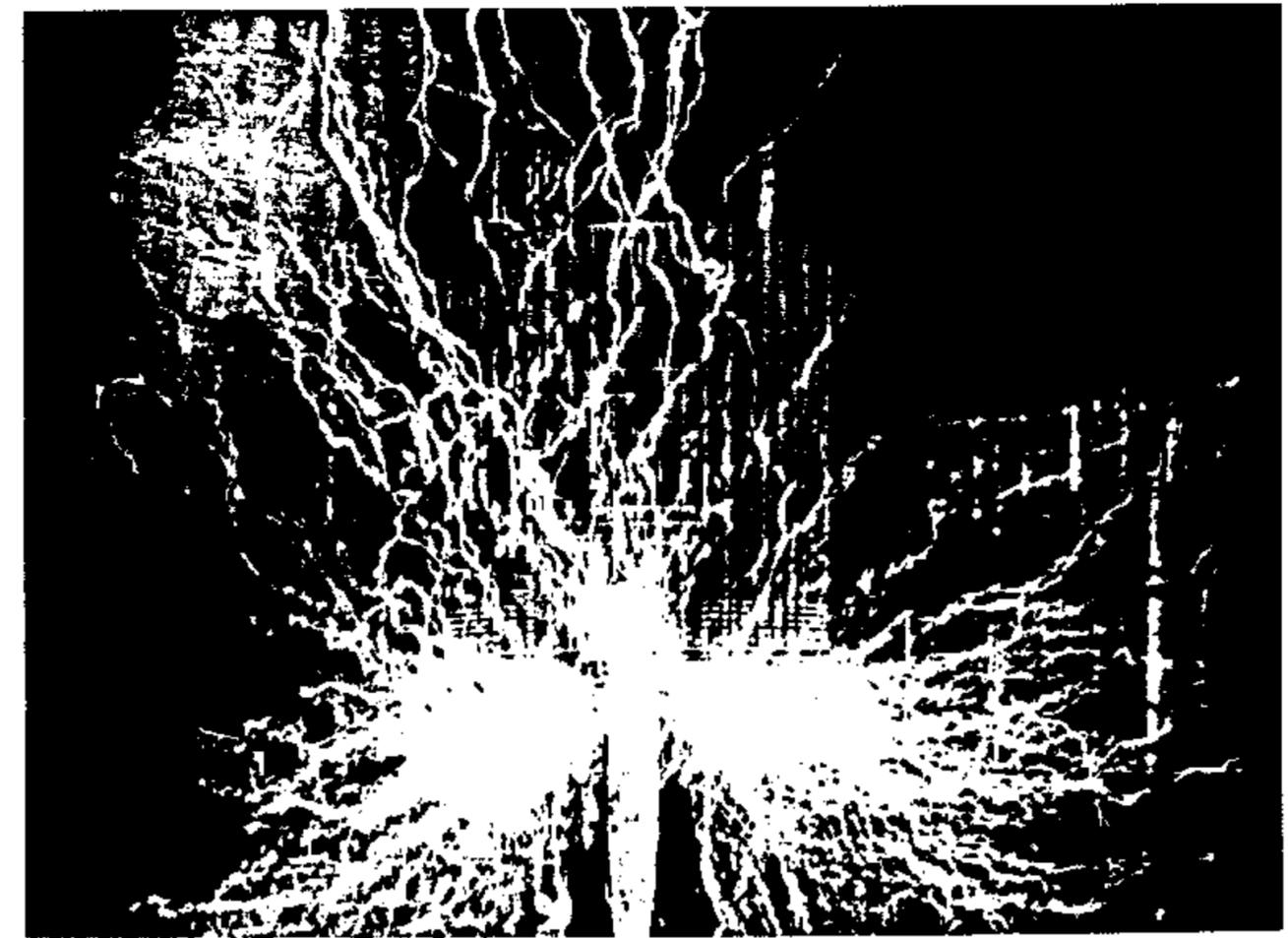


Фото LX. Разряд от шара диаметром 8" с двумя диаметрально расположенными проводами, прикрепленными к шару

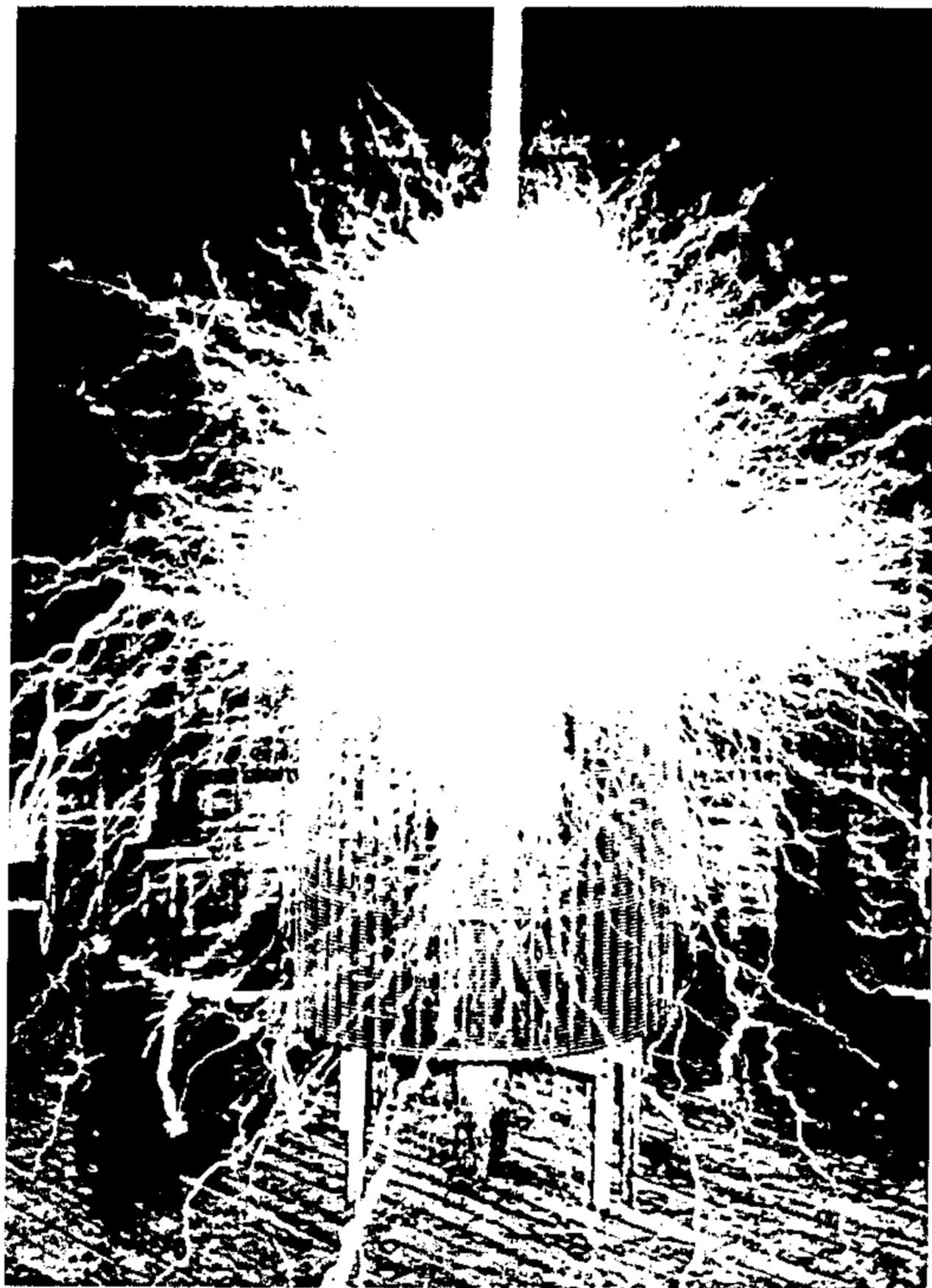


Фото LXI. Стримеры и искровые разряды, исходящие от диска; фотоаппарат находился прямо перед ним

перемещающихся стримерах зафиксированы отдельные разряды, по крайней мере при таком периоде колеса прерывателя текстура выглядит слишком уж тонкой. Допустим, что происходит 4000 прерываний в секунду, и пусть частота колебаний составит, скажем, 60000 в секунду, тогда в каждом периоде колеса прерывателя будет происходить 30 отдельных разрядов, если под периодом понимать промежуток времени от одного прерывания до следующего или от одного замыкания до следующего. Поскольку эффект колеса прерывателя заметен всегда, даже когда стример медленно перемещается, более тонкие нити, по-видимому, указывают на отдельные разряды. Во всяком случае, при более сильной тяге они могут, очевидно, беспрепятственно отпечатываться на фотопластине, и это, возможно, представляет собой простой способ точного определения колебаний системы — определенно более простой, чем аналитический метод с помощью вращающегося зеркала.

Я надеюсь провести этот эксперимент по возвращению, так как без определения колебаний с достаточной точностью не обойтись. До настоящего времени это не было настоящей необходимостью; применявшийся до этого метод удовлетворял до тех пор, пока основной целью было усовершенствование установки и проведение научных наблюдений общего характера. Но сейчас количественные данные приобретают важное значение. Возвращаясь к описанию снимка, отметим, что мощные искровые разряды, проскакивающие к колпаку, выглядят особенно необычно. Их поведение, а также вид верхних стримеров со всей очевидностью свидетельствуют о силе воздушного потока. Некоторые очень сильные искровые разряды проскакивают к катушке, соединенной последовательно с экстра-катушкой. Один из стримеров ударяет в пол и происходит воспламенение дощатого настила. Множество стримеров уносит через отверстие в крыше. Один из них, исключительной длины, устремляется к фотографу в углу помещения. Это привело к электрическому удару, но не такому сильному, как можно было ожидать. Искровой разряд мог бы быть фатальным, но он не имел возможности совершить такой перелет, не будучи остановленным токопроводящими объектами, находящимися ближе к месту его образования. Некоторые из верхних стримеров прерваны странным образом, что указывает на наличие небольших завихрений, или турбулентных движений в воздушном потоке, проходящем через отверстие в крыше. В данном случае рубильник включали также 100 раз, замыкания осуществлялись на очень короткое время, а остальные условия были прежними.

LXII. Это один из самых прекрасных снимков, сделанных нами. На нем запечатлен разряд, исходящий от основания конуса, на котором расположен шар диаметром 30". Стримеры, хотя и в небольшом количестве, исходят также и от шара, что свидетельствует об огромном электрическом напряжении и величине электрической энергии. Применение металлического

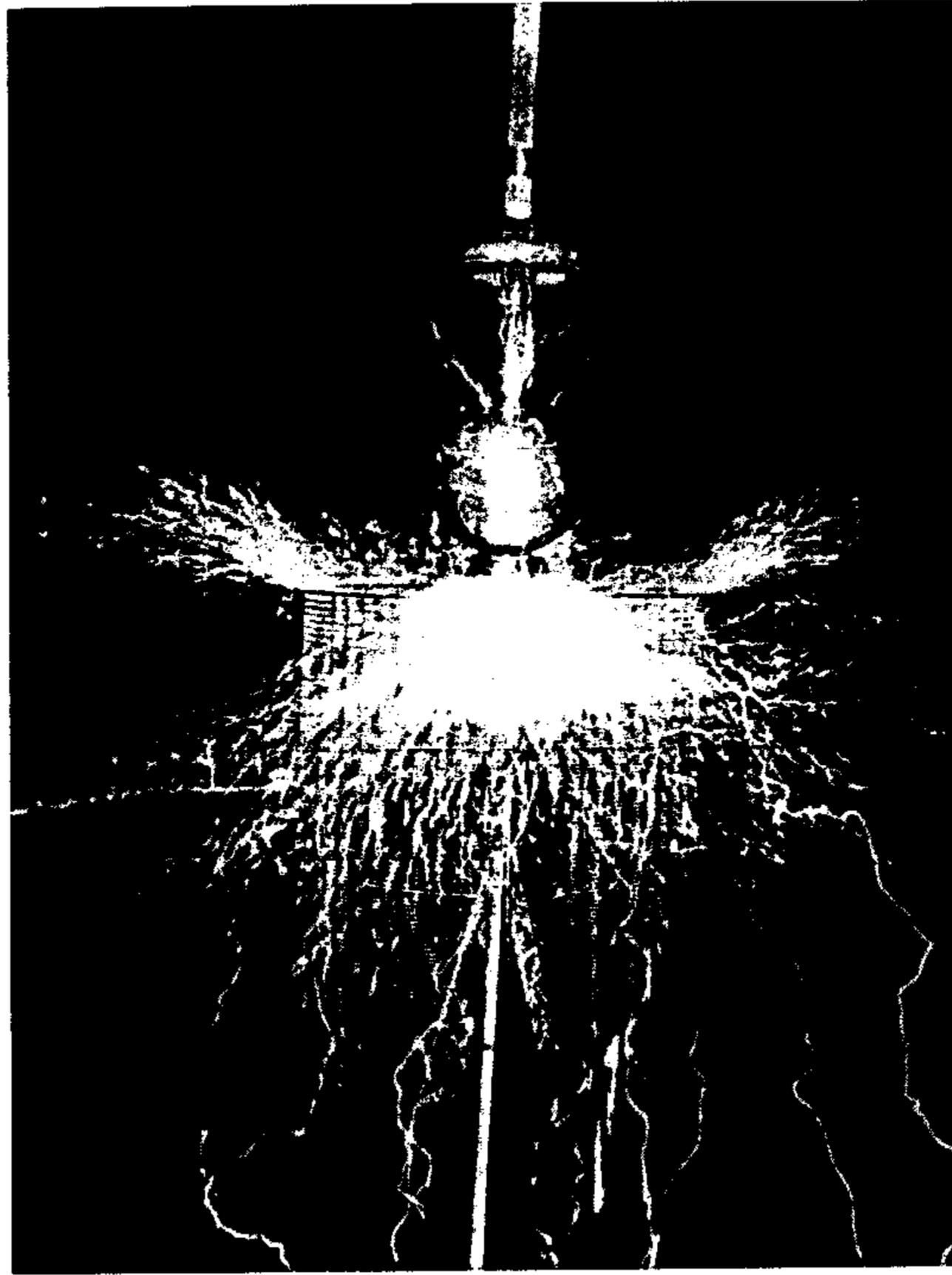


Фото LXII. Разряд, исходящий от основания конуса, на расстоянии находится шар диаметром 30"

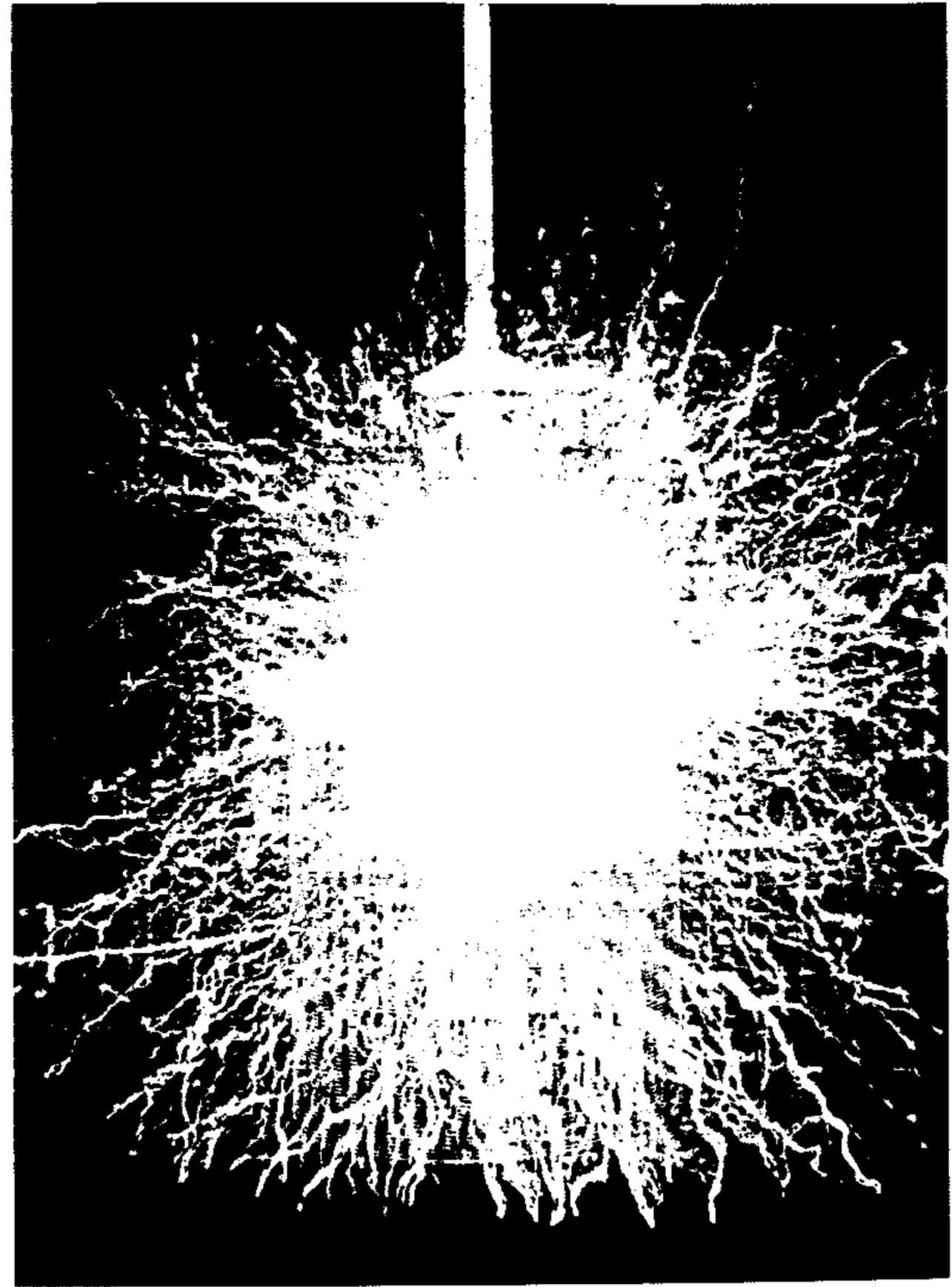


Фото LXIII. Разряд от шара диаметром 30", закрепленного на вертикальной катушке

сосуда конической формы было обязательным, поскольку препятствовало прохождению разряда по деревянной опоре, на которой крепился шар, к земле.

Имея длительный опыт исследования разрядов с чрезвычайно большой электродвижущей силой, я на практике убедился в том, что почти невозможно изолировать вывод, если не предпринять меры, как в этом случае. Основная идея состоит в создании такого приспособления, чтобы место на опоре или та часть вывода, которая лежит на опоре, была защищена с помощью проводника, выступающего с другой стороны. Иначе говоря, вывод должен лежать на опоре в точках, где нет электрического напряжения или оно очень маленькое. Это равнозначно стационарному экранированию опоры. Другой способ недопущения прохождения тока по опоре состоит в размещении катушки, через которую проходит ток, снизу опоры таким образом, чтобы опора проходила по осевой линии через катушку. Колпак, который неоднократно упоминался в этих записях, также используется с этой целью, так как без него ток проходил бы к земле по мачте. Однако колпак можно и исключить при условии использования экстра-катушки значительно меньшего диаметра, расположенной на одной оси с деревянной мачтой, которая служит опорой для стальной конструкции, но он может понадобиться для обеспечения безопасности в том случае, если конец катушки будет находиться очень близко к нижней части стальной конструкции в том месте, где она опирается на изолирующую поверхность. Это является одной из серьезных проблем, возникших в процессе этого исследования, и для ее успешного решения потребовалось много времени и труда. Для этих же целей мы использовали и большой колпак над канатами, служащими для удержания стальной мачты в вертикальном положении. Края у этих обоих колпаков загнуты таким образом, чтобы добиться большего напряжения путем препятствования свободному выходу стримеров в воздух и при гораздо меньшем напряжении. В новой установке, проект которой я сейчас обдумываю, эти приспособления найдут широкое применение, и я уверен, что добьюсь результатов, которые будут превышать все, полученные до сих пор.

В нынешнем эксперименте вызывает весьма большое удивление тот факт, что видны стримеры, срывающиеся с поверхности шара такого большого радиуса кривизны, когда они легко могли бы исходить от обода или основания конуса внизу. Это свидетельствует о наличии бурных выбросов и огромного количества электричества, приведенного в движение в этой системе. На фотографии видно несколько светящихся пятен на очень мощном стримере, идущем к полу. Многие искровые разряды имеют весьма странно изогнутые траектории. Видимые на снимке стримеры большей частью отличаются также тонкой текстурой, что обусловлено легкостью, с которой они срываются с края обратного пути, и их обилием. На фотопластине видно, что одна из опор экстра-катушки загорелась. Условия проведения этого эксперимента были такими же, что и в большинстве прежних случаев, было сделано 100 включений рубильника.

LXIII. Эта фотопластина является еще одной иллюстрацией красивейшего разряда от шара диаметром 30", помещенного на вертикальную катушку. Из-за обилия стримеров шара не видно. Характер стримеров необычен, что, вероятно, обусловлено способом их образования, отличным от того, который мы применяли в вышеописанных опытах. Дело обстоит таким образом, что когда рубильник замыкал цепь, разряд от шара всегда был направлен к полу. На этот раз для того, чтобы заставить его идти также и вверх и тем самым создать симметричную фигуру, я удерживал рубильник включенным дольше, полагая, что нагретый воздух, поднимаясь вверх, будет уносить разряд к крыше. Так фактически и происходило, когда разряд сначала всегда направлялся к полу, а затем постепенно разворачивался до тех пор, пока не принимал вертикальное положение, и не уходил через отверстие в крыше. Такое длительное и устойчивое положение достигалось в течение 3–4 секунд, что говорит об огромном количестве энергии, затрачиваемой в процессе нагревания воздуха, и о скорости его нагрева и подъема. Воздушный поток оказывает такое доминирующее воздействие, что стримеры уходят вертикально вверх совсем рядом со стальной мачтой, не испытывая очевидного влияния от близости мачты.

Характерная особенность этой фотографии заключается в том, что верхние стримеры выглядят не резкими, хотя фокусирование было проведено тщательно. Это, очевидно, объясняется их пульсирующим движением, вызываемым внезапными и изменчивыми порывами тяги. В свою очередь, это убедительно доказывает высокую степень чувствительности таких стримеров к воздушным потокам, и меня уже не раз посещает мысль о возможности обращения этого свойства на что-то полезное. Симметричность изображения на фотографии несколько нарушена искровым разрядом, который прорывает изоляцию верхнего витка ($3/8$ " резина) и проскакивает к колпаку над катушкой. Все показатели в этом случае сохранялись близкими к норме. Как обычно, было сделано 100 включений рубильника.

СОДЕРЖАНИЕ

ОТ ИЗДАТЕЛЯ	4
ПРЕДИСЛОВИЕ	6
КОЛОРАДО-СПРИНГС. ДНЕВНИКИ. 1899–1900	
1. 1–30 июня, 1899	21
2. 1–31 июля, 1899	57
3. 1–31 августа, 1899	149
4. 1–30 сентября, 1899	203
5. 1–31 октября, 1899	237
6. 1–30 ноября, 1899	297
7. 1–31 декабря, 1899	359
8. 1–7 января, 1900	397

НИКОЛА ТЕСЛА
КОЛОРАДО-СПРИНГС
ДНЕВНИКИ
1899–1900

Редактор *Р.М. Землянская*
Компьютерная вёрстка *Н.Г. Чернавских*
Технический редактор *Л.И. Введенская*
Корректор *Р.М. Володина*

Подписано в печать 25.07.08. Формат 70 × 100/₁₆
Бумага офсетная. Усл. печ. л. 37,38
Тираж 3000 экз. Заказ № 3394.

© ООО «Издательский дом «Агни», 2008

Отдел продаж: (846) 270-23-87, 279-07-06
Факс (846) 270-23-77
E-mail: book@agniart.ru
www.agniart.ru
www.agni.com.ru

Книга – почтой: 443110, Россия, Самара, а/я 9684

Отпечатано в типографии ООО ПФ «Полиграф-Книга»
160001, Вологда, ул. Челюскинцев, 3