

1. ОПЫТЫ ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ

На любой научной выставке или экскурсии в школе, от нашего факультета всегда была демонстрация, по крайней мере, нескольких приборов высокого напряжения. Большая часть таких установок собрана студентами радиофизического факультета.

Высокое напряжение — большое по амплитуде электрическое напряжение.

1.1. Шар Теслы

Плазменная лампа(или шар Тесла) — декоративный прибор, состоящий обычно из стеклянной сферы с установленным внутри электродом.



Рис.1. Шар Тесла.

На электрод подаётся переменное высокое напряжение с частотой около 30 кГц. Внутри сферы находится разреженный газ. Используют именно этот газ для уменьшения напряжения пробоя. В качестве наполнения могут выбираться разные смеси газов для придания «молниям» определённого цвета. Так называемые «молнии» являются высвобождаемым напряжением с верхушки вторичной обмотки.

Плазменная лампа была изобретена в 1894 г. Николой Тесла и названа в его честь.

Теоретически, срок службы у плазменных ламп может быть весьма продолжительным, поскольку это маломощное осветительное устройство, не содержащее нитей накаливания и не нагревающееся в процессе своей работы. Типичная потребляемая мощность 5—10 Вт.

В нашей выставке мы используем данный шар для демонстрации электромагнитного поля. Если к работающей плазменной лампе на расстоянии 5—20 см держа в руке поднести неоновую, люминесцентную (в том числе и неисправную, но не разбитую) или любую другую газоразрядную лампу, то она загорится. Газ внутри таких ламп начнет взаимодействовать с полем, от чего и начнет светиться.

1.2. Катушка Тесла

Трансформатор Тэсла, или катушка Тэсла — устройство, изобретённое Николой Тесла и носящее его имя. Является резонансным трансформатором, производящим высокое напряжение высокой частоты.



Рис. 2. Катушка Тесла.

Трансформатор Тесла основан на использовании резонансных стоячих электромагнитных волн в катушках. Его первичная обмотка содержит небольшое число витков и является частью искрового колебательного контура, включающего в себя также конденсатор и искровой промежуток. Вторичной обмоткой служит прямая катушка провода.

1.2.1. Описание конструкции

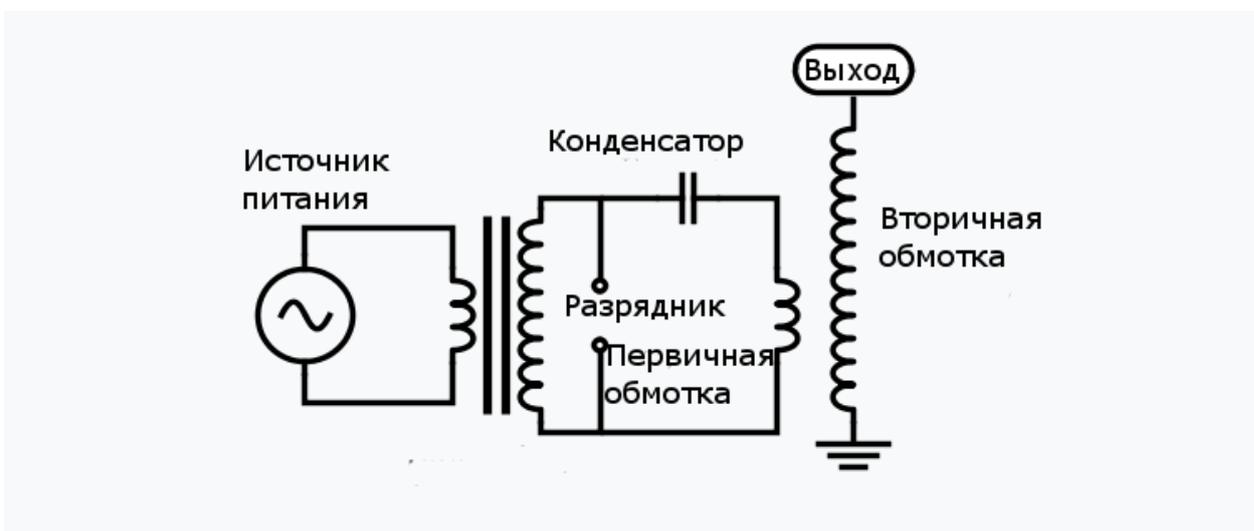


Рис. 3. Схема простейшего трансформатора Тесла (работает в импульсном режиме).

Простейший трансформатор Тесла включает в себя входной трансформатор, катушку индуктивности, состоящую из двух обмоток — первичной и вторичной, разрядник (прерыватель), конденсатор, тороид (используется не всегда) и терминал (на схеме показан как «выход»). Вместо тороидальной катушки можно использовать длинную иглу, для того что бы напряжения, по вторичной обмотке, смогло высвободиться в пространство.

Первичная обмотка обычно содержит всего несколько витков медной трубки или провода большого диаметра, а вторичная около 1000 витков провода меньшей площади сечения. Первичная катушка может быть плоской (горизонтальной), конической или цилиндрической (вертикальной). В отличие от обычных трансформаторов, здесь нет ферромагнитного сердечника. Таким образом, взаимдукция между двумя катушками гораздо меньше, чем у трансформаторов с ферромагнитным сердечником. Первичная катушка вместе с конденсатором

образует колебательный контур, в который включён нелинейный элемент — разрядник.

Разрядник, в простейшем случае, обыкновенный газовый, представляет собой два массивных электрода с регулируемым зазором. Электроды должны быть устойчивы к протеканию больших токов через электрическую дугу между ними и иметь хорошее охлаждение.

Вторичная катушка также образует колебательный контур, где роль конденсатора, главным образом, выполняют ёмкость тороида и собственная межвитковая ёмкость самой катушки. Вторичную обмотку часто покрывают слоем эпоксидной смолы или лака для предотвращения электрического пробоя.

Терминал может быть выполнен в виде диска, заточенного штыря или сферы и предназначен для получения предсказуемых искровых разрядов большой длины.

Таким образом, трансформатор Тесла представляет собой два связанных колебательных контура, что и определяет его замечательные свойства и является главным его отличием от обычных трансформаторов. Для полноценной работы трансформатора эти два колебательных контура должны быть настроены на одну резонансную частоту. Обычно в процессе настройки подстраивают первичный контур под частоту вторичного путём изменения ёмкости конденсатора и числа витков первичной обмотки до получения максимального напряжения на выходе трансформатора.

Работа данной схемы в импульсном режиме подразумевает собой, что первая фаза — это заряд конденсатора до напряжения пробоя розрядника, а вторая — генерация высокочастотных колебаний в первичном контуре.

1.2.2. Заряд

Заряд конденсатора производится внешним источником высокого напряжения на базе повышающего низкочастотного трансформатора. Ёмкость конденсатора выбирается таким образом, чтобы вместе с индуктором она составляла резонансный контур с частотой резонанса, равной высоковольтному контуру. Напряжение заряда ограничено напряжением пробоя разрядника, которое, (в случае воздушного разрядника), можно регулировать, изменяя расстояние между электродами или их форму. Обычно напряжение заряда конденсатора лежит в диапазоне 2-20 киловольт.

1.2.3. Эффекты, наблюдаемые при работе катушки Тесла

Во время работы катушка Теслы создаёт красивые эффекты, связанные с образованием различных видов газовых разрядов. В целом катушка Теслы производит 4 вида разрядов:

1. Стримеры — тускло светящиеся тонкие разветвлённые каналы, которые содержат ионизированные атомы газа и отщеплённые от них свободные электроны. Протекает от терминала (или от наиболее острых, искривлённых верхних частей) катушки прямо в воздух, не уходя в землю, так как заряд равномерно стекает с поверхности разряда через воздух в землю. Стример — это, по сути дела, видимая ионизация воздуха (свечение ионов), создаваемая верхним полем трансформатора.
2. Спарк — это искровой разряд. Идёт с терминала (или с наиболее острых, искривлённых верхних частей) непосредственно в землю или в заземлённый предмет. Представляет собой пучок ярких, быстро исчезающих или сменяющих друг друга нитевидных, часто сильно разветвлённых полосок — искровых каналов. Также имеет место особый вид искрового разряда — скользящий искровой разряд.
3. Коронный разряд — свечение ионов воздуха в электрическом поле высокого напряжения. Создаёт красивое голубоватое свечение вокруг верхних частей конструкции с сильной кривизной поверхности.
4. Дуговой разряд — образуется во многих случаях. Например, при достаточной мощности трансформатора, если к его терминалу близко поднести заземлённый предмет, между ним и терминалом может загореться дуга (иногда нужно непосредственно прикоснуться предметом к терминалу и потом растянуть дугу, отводя предмет на большее расстояние). Особенно это свойственно ламповым катушкам Тесла. Если катушка недостаточно мощна и надёжна, то спровоцированный дуговой разряд может повредить её компоненты.



Рис. 4. Спарк (изображение искрового разряда).

Часто можно наблюдать (особенно вблизи мощных катушек), как разряды идут не только от самой катушки (её терминала и т. д.), но и в её сторону от заземлённых предметов. Также на таких предметах может возникать и коронный разряд. Редко можно наблюдать также тлеющий разряд. Интересно заметить, что некоторые ионные химические вещества, нанесённые на разрядный терминал, способны менять цвет разряда.

Работа резонансного трансформатора сопровождается характерным электрическим треском. Появление этого явления связано с превращением стримеров в искровые каналы, который сопровождается резким возрастанием силы тока и количества энергии, выделяющейся в них. Так же появляется характерный запах озона. Каждый канал быстро расширяется, в нём скачкообразно повышается давление, в результате чего на его границах возникает ударная волна. Совокупность ударных волн от расширяющихся искровых каналов порождает звук, воспринимаемый как «треск» искры.

1.2.4. Влияние на организм человека

Являясь источником высокого напряжения, трансформатор Тесла может быть смертельно опасен. Особенно это касается сверхмощных трансформаторов с управлением на лампах.

В любом случае, даже для маломощных трансформаторов Тесла характерен выброс высоковольтной высокочастотной энергии, способной вызвать локальные повреждения кожного покрова в виде плохо заживающих ожогов. Для трансформаторов Тесла средней мощности (50-150 Ватт), такие ожоги могут привести к повреждению нервных окончаний и значительное повреждение подкожных слоев, включая повреждение мышц и связок (получено на собственном опыте).

Трансформаторы Тесла с искровым возбуждением менее опасны с точки зрения ожогов, однако, высоковольтные разряды следующие с паузами, наносят больший вред нервной системе и способны вызвать остановку сердца (у людей с проблемами сердца). В любом случае, вред, который могут нанести высокочастотные мощные генераторы, к которым относятся Трансформаторы Тесла, сугубо индивидуален и, зависит от особенностей организма и психического состояния конкретного человека.

Высокочастотное высокое напряжение, несмотря на потенциал в миллионы вольт, пройдя как разряд в тело человека не может вызвать остановку сердца или другие серьёзные повреждения организма, несовместимые с жизнью.

1.3 Генератор высоких напряжений

Генератор — устройство, производящее какие-либо продукты, вырабатывающее электроэнергию или преобразующее один вид энергии в другой.

В наших опытах мы используем генератор для демонстрации прохождения электричества через тело человека.



Рис.5. Генератор.

Длинная неоновая лампа подключается к генератору и берется в руку студента, демонстрирующего опыт. Во вторую свободную руку он берет энергосберегающую лампочку. Включая генератор, неоновая лампа начинает светиться, но лампочка во второй руке засветиться только тогда, когда другой человек прикоснется к ней рукой (не за металлический цоколь), тем самым замыкая электрическую цепь.



Рис. 6. Искровой разряд внутри лампочки накаливания.

Если один из щупов нашего генератора подключить к лампе накаливания, и включить, то прикоснувшись к лампе, к вашим пальцам устремится спарк. Данный опыт демонстрируется с целью того же принципа, что и шар Тесла.