

«ТРАНСФОРМАТОР ТЕСЛА. ДЕМОНСТРАЦИЯ СВОЙСТВ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ»

Курицын Олег Алексеевич, Голоушин Иван Михайлович

(МОУ «Колобовская средняя школа» Шуйского района, Ивановской области.)

Научный руководитель: **Пронин Александр Александрович**, учитель физики

МОУ «Колобовская средняя школа», к.п.н., доцент, почетный работник
среднего профессионального образования.

Всему миру известен ученый, инженер-электротехник и гениальный изобретатель в области физики, электротехники и радиотехники Никола Тесла. Область научных интересов Н. Тесла очень широка, но наибольшую известность он получил благодаря своему вкладу в создание устройств, работающих на переменном токе. [5;8] В области физики Н. Тесла известен как активный сторонник теории «мирового эфира». Он пытался экспериментально доказать существование «мирового эфира» - как особой формы материи, поддающейся использованию в технике. Именно разработка оборудования и экспериментов для такого рода исследований и позволила ему изобрести, так называемый «трансформатор (или «катушка») Тесла». Настоящее техническое название этого устройства «резонансный трансформатор». Создан он был как устройство для производства высокого напряжения большой частоты. Этот прибор был запатентован 22 сентября 1896 года под названием «Аппарат для производства электрических токов высокой частоты и потенциала». [6]

Н. Тесла считал, что у этого устройства большое будущее и с его помощью можно даже передавать электрическую энергию без проводов на большие расстояния, используя энергию «эфира».

В наши дни для демонстрации работы трансформатора Тесла разработаны его современные реализации с использованием различных радиоэлектронных приборов. У начинающих радиолюбителей и учащихся интересующихся физикой в настоящее время особенно популярно устройство трансформатора Тесла, по так называемой, схеме качера Бровина. [4]

Описание простых схем таких устройств в сети интернет и в радиолобительской литературе предложено достаточно много. Однако попытки повторить несколько таких конструкций, показали, что эти устройства работают достаточно стабильно только в «пассивном» режиме, а при проведении многих опытов использующиеся в них транзисторы очень быстро перегорают. Поэтому для использования такого устройства на уроках физики в демонстрационном эксперименте необходимо иметь стабильно работающее устройство, сконструированное на доступной современной элементной базе.

- Устройство и принцип работы трансформатора Тесла. Заинтересовавшись экспериментами Г. Герца по изучению электромагнитного излучения (волн) Н. Тесла решил запустить его устройство в работу вместе с высокоскоростным генератором переменного тока, который он разрабатывал в рамках улучшения системы дугового освещения. При этом, он обнаружил, что ток высокой частоты перегревает стальной сердечник и плавит изоляцию между первичной и вторичной обмотками в катушке Румкорфа, которая использовалась в экспериментах. Для устранения этой проблемы Тесла решает изменить конструкцию таким образом, чтобы образовался воздушный зазор между первичной и вторичной обмотками, вместо изоляционного материала. Экспериментируя с настройками катушек и емкостью конденсатора, Тесла обнаружил, что он мог бы воспользоваться возникающим резонансом между ними для достижения большей энергии излучения. Схема, иллюстрирующая конструкцию устройства Тесла, показана на рис. 1.

Устройство состоит из повышающего трансформатора, конденсатора, разрядника и собственно «трансформатора Тесла» – двух катушек с индуктивной связью и разным числом витков. При включении питания конденсатор заряжался до напряжения, которое необходимо для пробоя воздушного промежутка разрядника, что достигалось при напряжении примерно 10 кВ. Искровой разрядник настраивался таким образом, чтобы его пробой происходил при напряжении, которое несколько меньше пикового

выходного напряжения трансформатора, чтобы максимизировать напряжение на конденсаторе.

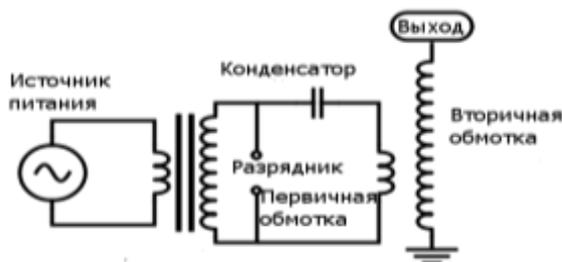


Рис. 1. Схема трансформатора Тесла.

Кратковременный ток, проходящий через искровой промежуток, «вызывает резонанс первичной резонансной цепи на её резонансной частоте». [6] Цикл передачи энергии может повторяться несколько раз, пока искровой промежуток «окончательно не ослабнет». Как только зазор прекратит проводить ток, трансформатор опять начнёт заряжать конденсатор. «Вторичная система» была сконструирована так, чтобы иметь такую же частоту резонанса, что и первичная, используя только паразитную ёмкость самой обмотки на «землю», а также любую клемму, расположенную в верхней части вторичной обмотки. Нижний конец длинной вторичной обмотки при этом должен быть заземлён. На основе такой конструкции Тесла изготовил устройство очень большой мощности. При его работе наблюдались эффекты, которые вызывали неподдельное удивление у современников.[7]

- **Качер Бровина.** В 1987 г. советский инженер В. Бровин в процессе разработки электромагнитного компаса изобрел оригинальный вариант генератора электромагнитных колебаний, который позднее получил название «качер Бровина». Качер Бровина – это разновидность генератора, собранного на одном транзисторе и работающего, со слов изобретателя, в нештатном режиме. Как расшифровал эту аббревиатуру сам автор изобретения Владимир Ильич Бровин «качер – это качатель реактивностей». [1] Сам Бровин представляет свое устройство как своеобразный полупроводниковый разрядник, в котором разряд электрического тока проходит в кристаллической основе транзистора, минуя, однако стадию образования электрической дуги

(плазмы). Самое интересное в работе устройства - это то, что после пробоя кристалл транзистора полностью восстанавливается. [1]

Это устройство является сейчас одним из самых популярных для демонстрации высоковольтных высокочастотных излучений по типу трансформатора Тесла и передачи электрической энергии без проводов. Схем таких устройств в сети интернет множество. Его можно собрать на различных активных радиоэлементах. Нами было повторено несколько подобных устройств с использованием различных транзисторов и напряжений питания на основе одной из самых распространённых схем (см. Рис. 2).

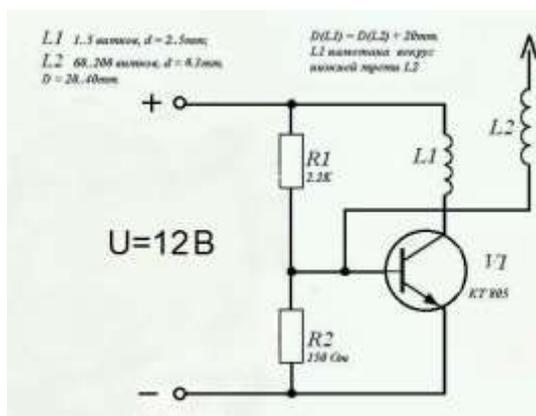


Рис. 2. Схема простейшего качера Бровина.

Экспериментально было установлено, что устройства на подобной схеме работают достаточно ненадежно. Так, например, при демонстрации разряда типа «электрическая дуга» в течение даже очень непродолжительного времени транзистор перегорает причем, при использовании напряжения питания даже меньшего, чем то на которое рассчитан транзистор.

Как показали наши эксперименты и с другими простейшими схемами, практически все они подвержены большой вероятности теплового пробоя полупроводника (о чем, как правило, умалчивает большинство авторов), причем это даже не зависит от типа используемого транзистора - полевой или биполярный.

- Генератор высоковольтных высокочастотных колебаний на основе схемы качера Бровина на MOSFET транзисторах. С учетом проведенных опытов, мы попытались разработать свою схему простейшего подобного

устройства, обеспечивающего стабильность в работе и доступную для повторения при создании такого генератора в качестве демонстрационного прибора, например, для школьной лаборатории физики.

С учетом возможной области применения устройства были заданы определенные технические условия (ограничения): высокая стабильность в работе устройства, в том числе и при демонстрации разряда «типа электрическая дуга»; схема устройства должна быть доступна для повторения начинающими радиоконструкторами в условиях школьного радиокружка; напряжение питания устройства должно обеспечивать безопасную работу в соответствии с правилами техники безопасности; устройство должно давать высокочастотное излучение минимально необходимой, но достаточной мощности, для проведения наглядных опытов по физике (мощность излучения должна быть ограничена, так как убедительных выводов о пользе или вреде такого излучения для человека нет); устройство должно представлять собой законченную конструкцию с определенным уровнем функциональности.

Отличительной особенностью схемы нашего устройства (рис. 3.) является использование в нем двух мощных полевых транзисторов, включенных параллельно. При параллельном включении полевых транзисторов в подобных схемах не требуются выравнивающие резисторы в цепи истока, и транзисторы работают достаточно стабильно. Естественно, целесообразно, при этом использовать мощные MOSFET транзисторы рассчитанные на большой ток $I_{\text{max и.с}}$ (порядка 100 А каждый).

- Конструкция генератора высоковольтных высокочастотных колебаний.

В схеме нашего генератора можно условно выделить три относительно самостоятельных блока. На рисунке 3 они выделены красным цветом. 1. Блок питания схемы качера. 2. Генератор «преобразующий постоянный ток в переменный ток высокой частоты» - качер с трансформатором Тесла. 3. Блок охлаждения транзисторов с системой питания вентилятора и индикатором включения генератора.

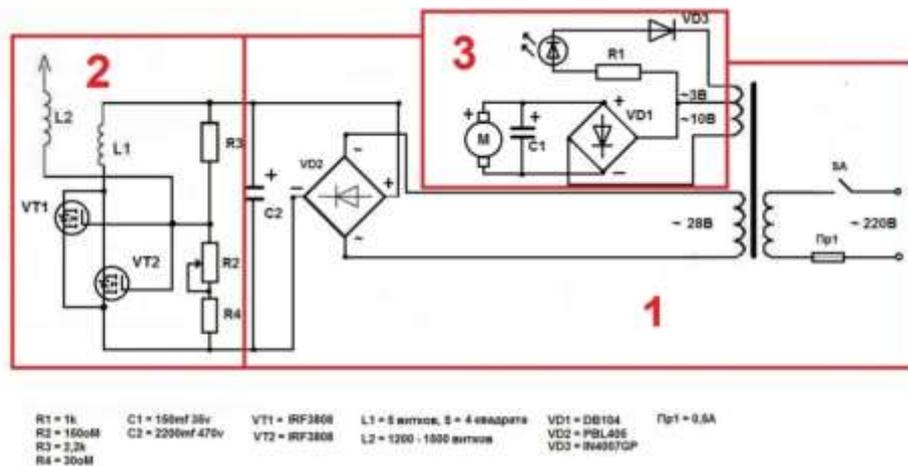


Рис. 3. Схема высоковольтного высокочастотного генератора.

Высокочастотный ток от качера поступает на первичную обмотку трансформатора Тесла, катушка L_1 . Она содержит 5 витков одножильного изолированного провода диаметром 1мм. Вторичная обмотка трансформатора L_2 , намотана тонким одножильным проводом в лаковой изоляции, на ней возникает высокое высокочастотное напряжение переменного тока, что и дает высокочастотное электромагнитное излучение.

Электрическая схема блоков генератора смонтирована на плате из диэлектрического материала, на которой установлены все основные элементы и выполнены соединения между ними (рис. 4). Эта плата помещена в корпус (из диэлектрического материала) с внешними размерами 20 x 30 x 9,5 см. Внешний вид генератора показан на рис. 5. В верхней части корпуса генератора установлен индикатор включения (светодиод) и тумблер включения.

Сам трансформатор Тесла состоит из двух обмоток. Первичная обмотка (катушка) диаметром 80 мм - провод в синей изоляции, установлена непосредственно на плате, где собрана вся схема. Для устойчивой работы качера она должна иметь высоту до 1/3 высоты катушки вторичной обмотки. В центре этой катушки расположена пластмассовая трубка диаметром 50 мм и высотой 470 мм, на которую намотана вторичная обмотка из тонкого провода с большим числом витков (эта обмотка наматывается до полного заполнения трубки, в нашем случае длина намотки составила 405 мм).



Рис. 4. Устройство генератора.



Рис. 5. Внешний вид генератора.

Вторичная катушка также должна образовывать колебательный контур. Его емкость определяется распределенной емкостью между витками катушки и конструкцией терминала. Для этого в верхней части нашего трансформатора Tesla установлен латунный диск диаметром 112 мм. На него можно дополнительно устанавливать заостренный металлический штырь или штырь с шаром. (Терминалом также может быть не только диск, но и сфера, тороид или просто заточенный штырь). Особенностью конструкции качера Бровина является то, что для его нормальной работы конкретные размеры и особенности терминала не критичны. От них зависит только частота излучения.

- Демонстрация свойств электромагнитного излучения трансформатора Tesla. Используя сконструированный нами генератор высоковольтных высокочастотных колебаний (качер Бровина) можно изучить особенность работы трансформатора Tesla и свойства излучения, которое он дает.

Свойства такого излучения наглядно проявляют себя в следующих основных демонстрациях:

- При использовании заостренного излучателя происходит образование тускло светящихся тонких разветвлённых каналов (кистевой разряд), которые называются стримерами (от англ. Streamer). Стример это видимая ионизация

воздуха (свечение ионов), создаваемая высокочастотным высоковольтным излучением трансформатора Тесла (рис. 6, а).

- При использовании излучателя с шаром можно наблюдать возникновение коронного разряда.

- Если к терминалу близко поднести заземлённый предмет, то между ним и терминалом может загореться дуга (происходит образование дугового разряда). Можно просто непосредственно прикоснуться металлическим предметом к терминалу и потом растянуть дугу, отводя предмет на большее расстояние (Рис. 6. б);



а)



б)

Рис. 6. Электрические разряды генератора: а) кистевой разряд, б) электрическая дуга.

- Если к катушке трансформатора Тесла поднести лампу дневного света (или энергосберегающую лампу), то в ней возникает электрический разряд и лампа начинает светиться (см. рис 7). Такой же тлеющий разряд в разреженном газе наблюдается и с использованием газоразрядных трубок. Если трубки будут с различными газами (неон, водород и др.), то можно наблюдать свечение разного цвета.

- Интересное явление также наблюдается при использовании обычной лампы накаливания, в которой возникает плазменный эффект (образование плазменных нитей).



Рис. 7. Демонстрация разрядов в разреженном газе.

- Используя данный генератор можно продемонстрировать и физиологическое действие токов высокой частоты, если взять в руки металлический предмет и поднести его к катушке трансформатора Тесла или вызвать образование дугового разряда непосредственно поднеся палец к терминалу.
- Используя генератор можно продемонстрировать работу «ионного двигателя» (см. рис. 8) если на острие излучателя установить двухлопастную вертушку.
- Используя генератор можно продемонстрировать прохождение токов высокой частоты через твердый диэлектрик. Для этого необходимо излучатель генератора накрыть тонким стеклянным химическим стаканом и поднести к его доньшку металлический предмет. В этом случае будут проскакивать искры на металлический предмет через дно стакана.



Рис. 8. Работа «ионного двигателя».

Таким образом, знакомство с принципом работы трансформатора Тесла и с различными устройствами (на основе схемы качера Бровина), демонстрирующими особенности его излучения, позволили нам сконструировать генератор высоковольтных высокочастотных колебаний, который в отличие от многих подобных устройств обладает большей стабильностью в работе. Генератор представляет собой законченную конструкцию с необходимым уровнем функциональности и может быть использовано в качестве демонстрационного прибора в школьной лаборатории физики. Используя генератор можно познакомиться со многими физическими особенностями высокочастотного высоковольтного излучения, через те демонстрации, которые представлены в работе.

Литература:

1. Бровин В.И. «Датчик Бровина. Суть дела» //Сайт В. Селиванова в Интернете:www.vaselivanov.narod.ru/ Адрес статьи на сайте:<http://www.vaselivanov.narod.ru/s.htm>
2. Для чего нужен качер Бровина? www.bolshoyvopros.ru
3. Качер Бровина – что это такое и каково его практическое применение? <http://tb.ru>
4. Качер Бровина. Принцип действия и самостоятельная сборка. <http://solo-project.com>
5. Трансформатор Тесла – Википедия http://ru.wikipedia.org/wiki/Трансформатор_Тесла
6. Трансформатор Тесла: энергия из эфира. <http://cyberpedia.su>
7. Трансформатор Тесла своими руками, простейшая схема. www.nashprorab.com
8. Храмов Ю.А. Физики: Библиографический справочник.-2-е изд., испр. и дополн.-М.: Наука Главная редакция физико-математической литературы, 1983.