

Аннотация

Объём 57с., 18 рисунков, 1 таблица, 32 источника.

КАТУШКА ТЕСЛА, ЭЛЕКТРОПИТАНИЕ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ СИЛОВЫХ СХЕМ

Объектом исследования является Катушка Тесла и её система электропитания

Цель работы: создать экспериментальный макет катушки Тесла для демонстраций.

Задачи работы:

1. Анализ исходных данных и известных решений
2. Выбор и создание силовой части генератора катушки
3. Разработка и создание системы управления
4. Разработка и создание полного макета установки

Работа состоит из четырех глав, в которых решаются упомянутые задачи.

Содержание

Аннотация	2
Введение	4
1. Состояние вопроса. Анализ исходных данных	7
1.1. Конструкции генераторов.....	10
1.2. Подробное описание принципа работы катушки Тесла на искровом разряднике.....	13
2. Расчетная часть	20
2.1. Разработка силовой части схемы.....	20
2.1.1 Макет трансформатора Тесла на лучевом тетроде 6П45С.....	20
2.1.2. Обоснование выбранной схемы и описание принципа её работы	23
2.1.3 Разработка полной силовой части схемы.....	24
2.2. Разработка системы управления.....	29
2.2.1. Общее описание работы схемы управления	29
2.2.2. Схема включения NE555 в режим одновибратора.....	32
3. Конструкторская часть	36
3.1. Чертёж корпуса катушки	36
3.2. Нарезка и сгибание металла	37
3.3. Сварка и покраска.....	38
3.4. Изготовление верхней крышки	42
4. Экспериментальная часть.....	44
4.1. Известные эффекты, наблюдаемые при работе установки.	44
4.2. Неподтверждённые и неизвестные эффекты катушки Тесла	46
4.3. Влияние на человека и безопасность.....	47
Заключение	50
Список используемых источников.....	52

Введение

Тема представленной работы – «Катушка Тесла и система ее электропитания».

Следует начать с того, что потребители электроэнергии есть везде. Однако производится она в относительно немногих местах, в частности, близких к источникам топлива и гидроресурсов. А поскольку электроэнергия должна быть потреблена сразу же после производства, то консервация ее в крупных масштабах становится совершенно невозможной. Данная ситуация на сегодняшний день рождает две, наиболее крупные, проблемы в сфере электропроизводства и электропотребления, а именно - аккумулялирование электроэнергии и ее передача. Следственно, появляется надобность в передаче электроэнергии на огромные расстояния. К сожалению, передача энергии связана с большими потерями, ведь дело в том, что при передаче электроэнергии по проводам часть ее теряется - попросту, тратится на нагревание проводников. Однако, эти потери можно несколько уменьшить, увеличивая сечения проводов, тем самым уменьшая их сопротивление. Помимо тепловых потерь в линии присутствуют потери и за счёт излучения радиоволн проводами. Эти потери выявляются за счёт отношения длины волны к проводнику. Для уменьшения потерь на излучение используют металлические трубы, которые называются волноводами.

Однако, следуя этим путем, становится невозможным решить задачу сохранения электроэнергии при передаче огромной мощности на огромные расстояния. Подобное упущение крайне сильно тормозило и продолжает тормозить становление промышленности, транспорта, от того что надобность в электроэнергии непрерывно возрастает с каждым днем все больше. Одним из путей решения данной проблемы является строительство более мощных гидро-тепло- и электростанций. Впрочем, строительство любой электростанции

потребуется нескольких лет и довольно крупных расходов. При этом, тепловые электростанции потребляют в огромных количествах не возобновляемые природные источники, такие как уголь, нефть и газ. Единоновременно они наносят непоправимый урон экологическому равновесию нашей планеты.

Сегодня, как и столетия назад, умы изобретателей беспокоит поиск возможности передавать электроэнергию приборам неосязаемым методом. И, именно благодаря многовековым достижениям и достигнутым возможностям результативная и неопасная идея получения энергии из беспроводного источника становится более отчетливой и реальной. Поскольку условия человеческого обитания улучшаются с каждым днем, то уже сегодня эксперты задумываются о том, чтобы бытовые электроприборы, и без того облегчающие нашу жизнь, не зависели и не были привязаны к проводникам электроэнергии, требующим особого внимания, времени, пространства и должного ухода. Невозможно отрицать тот факт, что сети электропотребления, коими оборудованы жилые и промышленные помещения, создают угрозу для жизни детей, пожилых людей, и даже животных.

В отношении высоковольтных спец технологий словосочетание «беспроводные технологии» встречается довольно часто, и создается ощущение, что его употребляют чуть ли не с любым термином, касающемся компьютерных технологий. Однако, несмотря на обилие wireless-усовершенствований, одним из ключевых явлений все же неизменно: компьютер априори не в состоянии работать без аккумулятора либо розетки. Эту проблему ученые пытались изменить задолго до эры создания ПК, и наконец, благодаря нынешнему уровню прогресса, это им удалось – беспроводное энергоснабжение стало вполне осуществимым.

Беспроводное электричество (беспроводная передача энергии) – процесс, происходящий в электрических системах, где энергия проходит от ее источника к получателю без участия соединяющих проводов. В случае, когда нужна продолжительная либо кратковременная передача энергии, но использование соединительных проводов является неудобным, опасным либо вовсе

немыслимым, беспроводная передача электроэнергии является оптимальным вариантом.

Существуют всего два направления использования энергии: передача энергии как метод доставки информации (как в случае с радио), и для энергоснабжения. В первом случае процент переданной энергии сказывается только лишь на степени успешности и правильности передаваемого сигнала. Во втором же случае число передаваемой энергии имеет гораздо более весомое значение: ее либо хватает, либо не хватает для работы устройства - в этом и заключается огромная разница двух упомянутых ранее путей.

Размер компонентов системы определяется дистанцией от источника до получателя, длиной волны излучения, а также законом дифракции волн, в соответствии с которым при увеличении расстояния волновое излучение становится менее сильным из-за рассеивания электромагнитной энергии.

Эффективность энергопередающей системы – это процент переданной энергии, достигшей получателя. Но все же, беспроводная передача не совсем результативна, так как огромная часть энергии либо проходит мимо приемника, либо теряется в виде тепла, в то время как соединительные провода ограничивают поток энергии и верно направляют его. Беспроводная передача много результативнее на коротком расстоянии, правда на длинных дистанциях также вполне осуществима, если передатчик свою огромную мощность излучения сфокусирует в тесный пучок, напоминающий лазерный луч.

Цель бакалаврской работы является разработка, и усовершенствование силовой части схемы, создание опытного образца катушки Тесла для демонстрации и последующее ее изучение. Для достижения данной цели были проработаны задачи: проведён анализ существующих решений, разработана функциональная и электрическая принципиальная схема, был создан корпус, и сборка демонстрационного

стенда.

1. Состояние вопроса. Анализ исходных данных

Трансформатор Тесла, или же, как еще его называют, катушка Тесла — устройство, изобретённое Николой Теслой и носящее его имя. Он является резонансным трансформатором, который создает в огромных количествах напряжение огромной частоты. Устройство было запатентовано в США, как «Аппарат для производства электрических токов высокой частоты и потенциала».

Работа трансформатора Тесла весьма схожа с принципом качелей: если качели раскачивать с определённой силой, но при этом не отпускать - высота подъёма будет равна максимальному усилию, необходимому для их раскачки. Если же качели не поддерживать, а дать им совершать вольные колебания и в необходимые моменты прилагать усилия - во много раз амплитуда качания будет усилена. Так происходит и с катушкой Тесла — взамен качелей служит вторичный колебательный контур, а в роли подталкивания - генератор. Их связь ("подталкивание" в очень точные моменты времени) делает допустимым первичный контур.

Простой резонансный трансформатор Тесла состоит из первичной и вторичной катушек, составляющими являются также: конденсатор, разрядник (SparkGap), антенны, (тороид применяется не всегда) и «выход» (терминал).

Первичная катушка традиционно содержит малое число витков медной трубки (также возможна замена проводом большого сечения), а вторичная - около 1000 витков провода наименьшего диаметра. Первичный колебательный контур может быть намотан горизонтально, конически либо вертикально (цилиндром) (что влияет на форму выходного сигнала). В данной схеме нет ферритового сердечника, в отличие от стандартных трансформаторов. Отсюда взаимоиндукция между двумя катушками значительно меньше, чем у трансформаторов с ферритовым сердечником. Первая катушка с конденсатором создает колебательный контур, в который включен разрядник.

Обыкновенный газовый разрядник выполняется из 2-х электродов с теплоотводами. Зазор между электродами нужно регулировать, таким образом, производится калибровка установки. Вторичная катушка тоже образует

колебательный контур, в этом случае в роли конденсатора исполнена антенна (тороид) и ёмкостью между намотанными витками катушки. Чтобы предотвратить возможность электрического пробоя можно наблюдать, как вторичную обмотку покрывают лаком, краской либо эпоксидной смолой.

Антенна (тороид, на схеме обозначен как вывод) может быть представлена в виде наконечника с заостренным концом, диска, бублика либо сферы и служит для приобретения искровых разрядов определённой длины.

Отсюда следует, что катушка Тесла является двумя связанными между собой колебательными контурами, благодаря которым катушка обладает своими замечательными свойствами, чем и отличается главным образом от обыкновенных трансформаторов. Для того чтобы катушка Тесла правильно работала, два колебательных контура настраиваются на одну резонансную частоту. Как правило, первичный контур подстраивают под частоту вторичного, благодаря изменению емкости конденсатора и изменению количества витков первичного контура до приобретения наивысшего напряжения на выходе трансформатора.

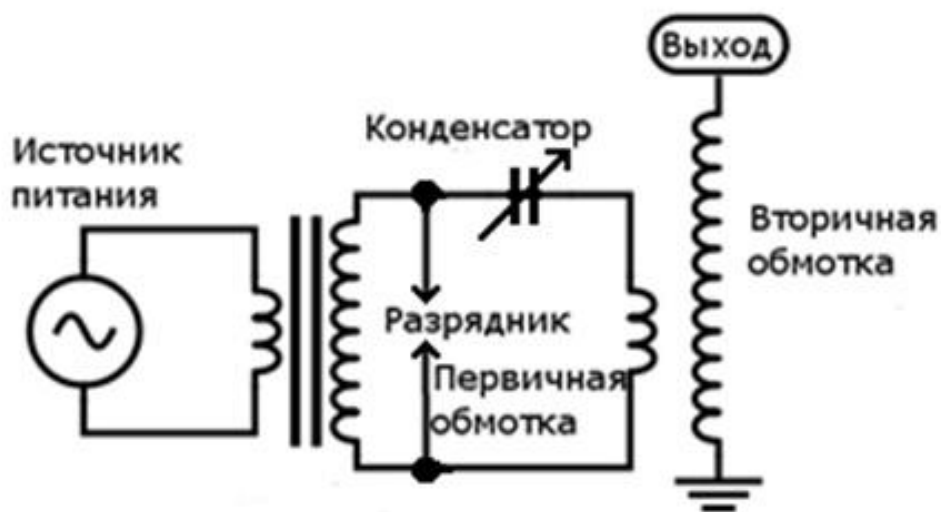


Рисунок 1.1 – Трансформатор тесла

Катушка Тесла рассмотренной наиболее простой и довольно примитивной конструкции (Рисунок 1.1), совершает работу в импульсном режиме. Первая фаза — это заряд конденсатора до напряжения пробоя разрядника. Вторая фаза — генерирование высокочастотных колебаний.

Заряд конденсатора происходит от внешнего источника высокого напряжения на базе повышающего низкочастотного трансформатора. Часть электрической энергии заряженного конденсатора уходит на генерирование высокой частоты колебаний, то емкость и высокое напряжение на конденсаторе следует максимизировать. Стоит заметить, что напряжение заряда ограничивается напряжением пробоя разрядника, которое при изменении расстояния между электродами можно регулировать. Традиционно в примитивной схеме трансформатора Тесла напряжение заряда конденсатора в интервале 2-20 киловольт. Каково напряжение при заряде конденсатора, положительное или отрицательное, не столь важно, это может означать, что устройство может питаться переменным напряжением частотой 50Гц.

После того, как будет достигнуто напряжение пробоя между электродами разрядника, в нём появляется лавинообразный электрический пробой газа. Конденсатор первом колебательном контуре начинает, разряжается через разрядник и первичную обмотку. И, после того как конденсатор будет разряжен, напряжение пробоя разрядника довольно резко уменьшается от того что в газе остаются носители заряда, то есть ионы. Следственно на схеме первый колебательный контур, состоящий из первичной катушки и конденсатора, остается, замкнут через разрядник и в неё появляются высокочастотные колебания. Колебания понемногу затухают, в основном это происходит из-за потерь в разряднике, а также благодаря тому, что электромагнитная энергия уходит на вторичный контур, и продолжает до тех пор, пока ток создаёт необходимое количество носителей заряда для того чтобы поддержать напряжение пробоя разрядника, который значительно меньше, чем амплитуда напряжения колебаний в LC контуре. Во вторичной цепи образуются резонансные колебания, что в свою очередь приводит к происхождению высокого напряжения на термине.

Во всех типах трансформаторов Тесла основные его элементы остаются постоянными – это первичный и вторичный контуры. На данный момент описано

достаточное количество электрических схем для создания модификаций катушки Тесла.

1.1. Конструкции генераторов

В настоящее время существует четыре типа конструкций, которые по своей сути отличаются принципом оформления силовой части схемы (генератора).

SGTC (SparkGapTeslaCoil) - классическая катушка Тесла, он же - генератор колебаний, выполненный на искровом интервале (разряднике). Для мощных трансформаторов Тесла, так же как и с обыкновенными (статическими) разрядниками применяются усложненные конструкции разрядника. К примеру, термин RSG (от англ. RotarySparkGap) переводится как вращающийся или роторный искровой интервал либо статический искровой интервал с дополнительными дугогасительными устройствами. В конструкции роторного искрового интервала применяется электрический мотор, вращающий диск с электродами, которые приближаются (либо легко замыкают) к ответным электродам для замыкания первичного контура. Скорость вращения вала и расположение контактов выбираются, исходя из нужной частоты следования пачек колебаний. Роторные искровые интервалы в зависимости от управления мотором могут быть синхронными и асинхронными. Применение вращающегося искрового интервала значительно снижает вероятность появления так называемой паразитной дуги между электродами. Изредка обыкновенный статический разрядник заменяют многоступенчатым статическим разрядником. Для охлаждения разрядников их изредка помещают в жидкие либо газообразные диэлектрики (например, масло). Типовым приемом для гашения дуги в статическом разряднике, как правило, является продувка электродов сильной струей воздуха. Изредка классическую конструкцию дополняют вторым, защитным разрядником, чьей задачей является сохранность питающей (низковольтной) части от высоковольтных перепадов.

VTTC (VacuumTubeTeslaCoil) - ламповая катушка Тесла. В такой катушке в качестве генератора высокочастотных колебаний применяются электронные лампы. Традиционно это сильные генераторные лампы, скажем ГУ-81. Впрочем, могут встречаться и маломощные конструкции. Одной из особенностей таких конструкций является то, что они могут обходиться без высокого напряжения. Для приобретения относительно маленьких разрядов вполне достаточно 300-600 Вольт. Ламповая катушка фактически не издает шума, присутствующего при ее работе на искровом интервале. Внешний вид разряда ламповой катушки отличается от классической катушки Тесла и вполне может меняться в зависимости от рабочей частоты катушки. Скажем, на частотах менее 1 МГц разряд принимает мечевидную форму или принимает вид похожий на пушистый пучок нитей, утончающихся к концам. При более высоких частотах он становится похожим на ветвистое дерево. И наконец, на частотах свыше 10 МГц разряд трансформируется в четкий "факельный разряд", похожий своим видом на горящую свечу: подобный разряд, возможно получить только в ламповых катушках Тесла.

SSTC (SolidStateTeslaCoil) – эта разновидность генератора исполнена на полупроводниках, одновременно являясь самой сложной из всех конструкций, и состоит из задающего генератора с регулируемой частотой, формой, продолжительностью толчков и силовых ключей, иными словами сильных полевых MOSFET транзисторов. Впрочем, этот вид трансформатора Тесла по праву можно назвать самым увлекательным по нескольким причинам: при изменении типа сигнала на ключах, можно кардинально менять внешний вид разряда. Помимо этого, сигнал генератора можно промодулировать звуковым сигналом, к примеру, музыкой и тогда звук будет исходить из самого разряда. Аудио модуляция допустима (с небольшими доработками) и в VTTC. Также, говоря о достоинствах данного вида генератора, следует отнести такие положительные моменты, как низкое питающее напряжение и неимение шума при работе.

В аббревиатурах названий катушек Тесла, питаемых постоянным током, часто присутствуют буквы DC, например DCSGTC.

QCW DRSSTC (QuasiContinuousWave) - специальный тип транзисторных катушек Тесла, характеризующийся так называемой плавной накачкой: постепенным и плавным (а не крутым ударным, как в SSTC катушках) нарастанием ряда параметров (а именно: напряжения первичного контура и тока первичного контура, и напряжения вторичного контура). В классическом импульсном трансформаторе Тесла возрастание тока в первичной обмотке традиционно происходит в течение времени, сравнимым с продолжительностью периода (от 2-3 до 7-10 и больше периодов) резонансной частоты, то есть за время порядка десятков — сотен микросекунд. В QCW время нарастания составляет десятки миллисекунд, то есть огромное, приблизительно на два порядка. Простым примером QCW являются ламповые катушки Тесла с шифтером. Из-за 50-герцового синуса на его выходе появляется результат полу плавной накачки, которая обеспечивает достаточно значительный приход длины разряда касательно нормального жёсткого прерывания (по катоду, либо сетке). В итоге данного приёма достигается классический вид молний в виде длинных и фактически прямых, мечевидных разрядов, длина которых неоднократно превышает длину намотки вторичной обмотки. Дело в том, что полное напряжение на терминале QCW DRSSTC никогда не достигает пробойного для вторичной катушки: оно неизменно остаётся достаточно небольшим, десятки киловольт. Возникший на маленьком напряжении стример продолжает подпитываться энергией в течение времени накачки, и следственно растёт вверх. Именно для этого и делается плавная накачка в катушках Тесла. За счёт такого приёма достигается дальнейший результат: сначала возникает маленький разряд, затем он растёт не с высокой скоростью, пробивая плазменный канал в случайном направлении, (так, что данный процесс образования стримера можно даже заснять обыкновенными видеокамерами), что обуславливает его неразветвление и большую длину, касательно длины вторичной обмотки. По сути, мы непрерывно подогреваем маленький возникший разряд и, он удлиняется и удлиняется по мере перекачки

энергии во вторичную обмотку. Но напряжение на выходе такой катушки Тесла невелико и не превышает десятков киловольт.

Трансформатор изначально носил не эстетический и развлекательный характер, а был предназначен для передачи радиосигналов на огромные расстояния. Именно поэтому следует как можно подробнее ознакомиться с принципом его работы и искать пути его практического применения.

1.2. Подробное описание принципа работы катушки Тесла на искровом разряднике

Трансформатор Тесла состоит из 2-х основных частей (Рисунок 1.2);

1. Генерирующей части, состоящей из высоковольтного источника питания, накопительного конденсатора $C1$, разрядника и катушки связи $L1$. Частота колебаний зависит от напряжения питания, емкости конденсатора $C1$, (определяющее время разряда), а также интервала между электродами разрядника;

2. Резонансной катушки индуктивности $L2$, заземления и сферы изображенной на рисунке 1.2.

На схеме изображен последовательный колебательный контур, состоящий из катушки индуктивности $L2$ с открытой емкостью C , образованной между сферой и землей. Это открытый колебательный контур, который был открыт Дж. К. Максвеллом.

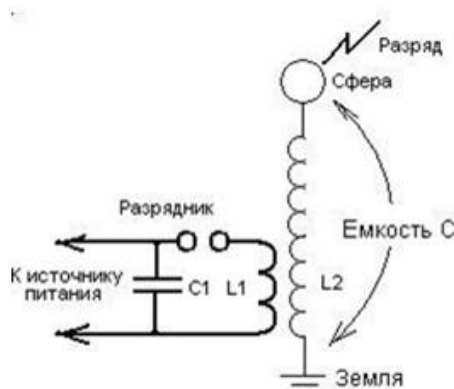


Рисунок 1.2 Основные части катушки Тесла

Исследуя простой колебательный контур, катушка, которая состоит из единичного витка, а конденсатор в виде двух расположенных рядом металлических пластин. Добавим в разрыв индуктивности первого контура, переменное напряжение через генератор (Рисунок 1.2). По витку начнет идти переменный ток, вследствие чего создаст около проводника электромагнитное поле. Магнитный индикатор в виде витка, нагруженный лампочкой, сможет это подтвердить. Для того, что бы получить открытый колебательный контур, следует раздвинуть контакты конденсатора, и тогда можно заметить, как лампа индикатора электромагнитного поля будет продолжать гореть (Рисунок 1.3). По витку контура 1 течёт ток проводимости, который вокруг себя создает магнитное поле H , а между пластинами конденсатора, свою очередь, равный ему, так называемый, ток смещения. Данный опыт показывает, что ток смещения создаёт такое же магнитное поле, как и ток проводимости, даже несмотря на то, что между пластинами нет тока проводимости.

Магнитное поле порождается не только движением зарядов, но и изменением электрического поля, подобно тому, как электрическое поле порождается не только зарядами, но и изменением магнитного поля. Так был открыт один из важнейших законов природы, следствием, которого является существование электромагнитных волн. В последствии было доказано, что электромагнитное поле, которое излучается электрическим вибратором равно полю излучаемому емкостным излучателем.

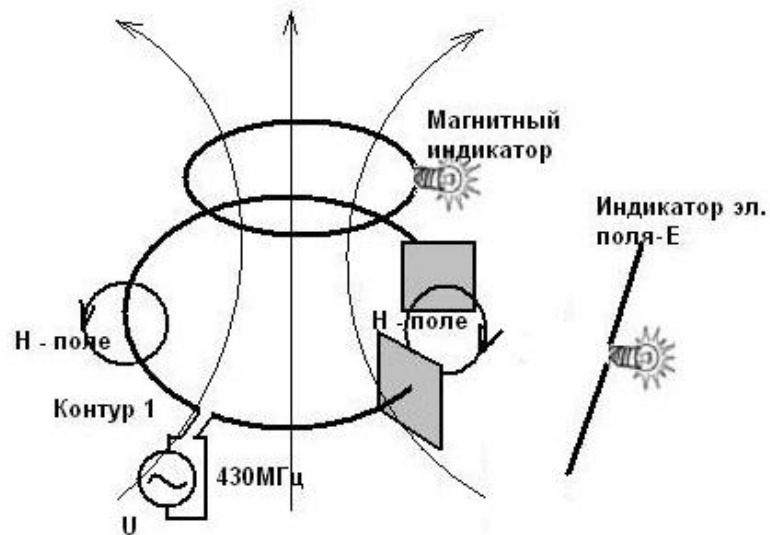


Рисунок 1.3 Поле вокруг катушки Тесла

Рассмотрим работу трансформатора Тесла, как ступенчатый колебательный контур: - данный контур нужно рассматривать как обыкновенный LC – элемент, рисунок 1.2, рисунок 1.4, а так же рисунок 1.3, где включена ступенчатая индуктивность L , открытый конденсатор C и сопротивление среды $R_{ср}$.

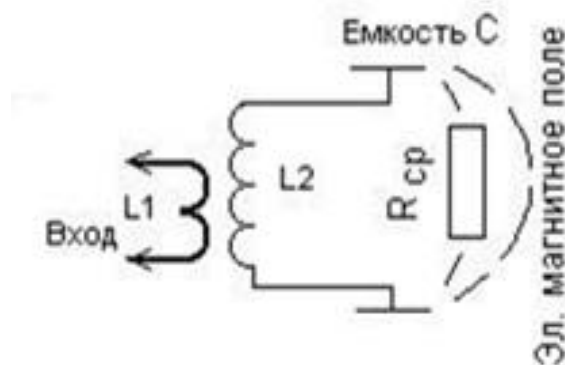


Рисунок 1.4 Второй колебательный контур с изображением поля

Угол сдвига фаз в последовательном колебательном контуре между напряжением и током равен нулю ($\varphi=0$), если $X_L = -X_C$, то ток изменяется, и напряжения в нем происходят синфазно. Такое явление называется резонансом напряжений (последовательным резонансом). Стоит отметить, что при понижении

частоты, ток в контуре уменьшается, в то время как резонанс несёт емкостное направление. При последующем изменении частоты колебательного контура и понижении тока на 0,707, его фаза смещается на 45 градусов. А при изменении частоты контура вверх, он приобретает индуктивное направление. Данное явление, как правило, применяется в фазоинверторах.

Энергия при резонансе передается из первичного во вторичный контур, и в конце концов, вся энергия окажется во вторичном колебательном контуре. Данный момент именуется «узлом энергии первичной обмотки». Амплитуда колебаний тока и напряжения первичной обмотки в этот момент приравнивается к нулю. Однако же, процесс обмена энергии на этом не заканчивается.

При идеальных условиях, когда ток перестает идти через первичную обмотку, то разрядник прекращает проводить ток. Вследствие этого, энергия перетекает обратно из вторичной обмотки в первичную. Также, существует такой момент, когда каждая энергия вторичной обмотки возвратится обратно (данный момент именуется «узлом энергии вторичной обмотки»). Энергия будет переходить из одного контура в другой до тех пор, пока дуга в разряднике не потухнет.

Когда же дуга потухнет, оставшаяся энергия окажется "запертой" во вторичном контуре и понемногу рассеется, а конденсатор С начнет снова заряжаться через дроссель L.

И далее все будет повторяться снова. Чем сильнее связаны контуры (чем ближе одна катушка к другой), тем быстрее они будут обмениваться энергией. Если коэффициент связи меньше 0.05, то это приведет к тому, что вся энергия рассеется в первичном контуре, так и не повлияв на вторичную. Большой коэффициент связи потребует расположить первичную и вторичную обмотки рядом, из-за чего между ними будут возникать небольшие электрические разряды.

Даже если первый и второй колебательный контур по отдельности имели идентичную резонансную частоту, все меняется при происхождении между ними магнитной связи. Всякая катушка реагирует на емкость противоположного контура, из-за этого резонансные частоты колебательных контуров расходятся.

Чем огромнее показатель связи, тем огромную часть емкости реагирует противоположная катушка и тем огромнее расходятся резонансные частоты.

Для того что бы схема работала без каких-либо сбоев, необходимо применение балласта, который предназначен для того, чтобы:

1) дать возможность дуге в разряднике G1 потухнуть. Если убрать балласт, разрядник будет замыкать высоковольтный трансформатор и тесла работать не будет.

2) уменьшить ток заряда емкости Ср. Если этого не сделать, ток через высоковольтный трансформатор может стать совсем не входящим в рамки расчётов и разрушить его.

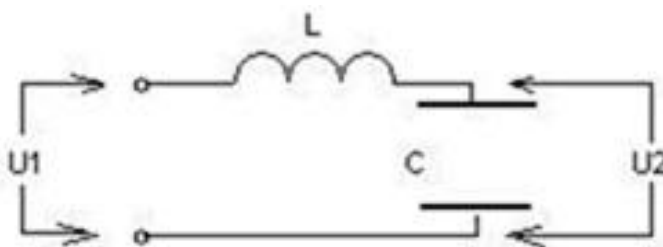


Рисунок 1.5 Схема заряда конденсатора

Если рассмотреть схему (Рисунок 1.5), то можно произвести простые расчеты, из которых следует, что напряжение на пластинах конденсатора (излучателя) вычисляется исходя из добротности контура Q, которая может находиться в пределах 20 – 50 и намного больше.

Пропускания способность определяется добротностью контура по формуле:

$$\Delta f = \frac{f_0}{Q}$$

Отсюда следует, что напряжение на пластинах излучателя рассчитывается по формуле:

$$U_2 = Q \times U_1$$

В таблице 1 расчетные данные, приведенные для частоты 7.0 МГц, это даёт возможность на коротких волнах провести радиолобительский эксперимент в эфире.

Таблица 1. Расчетные данные для частоты 7.0 МГц.

f (МГц)	L (мкГн)	X _L (Ом)	C (пФ)	- X _C (Ом)	Δf (кГц)	Q	U 1/U 2 (В.)
7	30,4	1360	17	1340	270	26	100/2600

Напряжение U₂ согласно расчетам составляет 2600В, что подтверждает практическая работа катушки Н. Тесла. Вследствие чего утверждение применимо в тех случаях, когда частота или сопротивление нагрузки выше упомянутого колебательного контура не изменяется. В катушке Н. Тесла оба значения неизменны.

Полоса пропускания катушки Н. Тесла зависит от нагрузки, т.е., чем больше связь конденсатора С (выполненного открытой ёмкостью сфера-земля) со средой, тем сильнее нагружен контур и тем обширнее его полоса пропускания. Такой же эффект наблюдается с контуром (активно нагруженным). Вследствие чего, от площади пластин излучателя антенны можно определить его емкость С и ширину полосы пропускания волны. Здесь нужно понимать, что постоянное увеличение полосы пропускания за счет увеличения ёмкости (объема тороида) может привести к снижению добротности контура и как правило, приведет к снижению резонансной частоты катушки и в целом всего устройства.

Делая вывод, из выше сказанного, излучение происходит не из-за индуктивности катушки Тесла L₂, а из-за элементов открытого конденсатора (сфера-земля Рисунок 1.2) одной из частей резонансной системы. Это емкостной излучатель, оборудованный двумя контактами, он создает вокруг себя очень

мощное и плотное электромагнитное излучение. Катушка Н. Тесла может накапливать энергию, что подходит для последовательного колебательного контура LC, где выходное напряжение выше входного, что можно наблюдать из таблицы. Это явление давно применяют в промышленных радиоустройствах для повышения значения напряжения в установках, где очень большое входное сопротивление.

Отсюда следует: катушка Тесла – это установка с высокой добротностью последовательного колебательного контура, где тороид (антенна) это открытый элемент, осуществляющий связь со средой. Индуктивность катушки считается закрытым элементом, а также резонансным трансформатором напряжения, не связанным с излучением.

2. Расчетная часть

2.1. Разработка силовой части схемы

2.1.1 Макет трансформатора Тесла на лучевом тетроде 6П45С

Данное устройство представляет собой автогенератор, исполненный по схеме блокинг-генератора на лучевом тетроде 6П45С, которая используется в схемах ламповых телевизоров. Данный тетрод может выдерживать достаточно огромное напряжение до 7 кв. и соответственно мощность рассеивания на аноде очень большая.

На схеме (Рисунок 2.1) видно, что сетевое напряжение подаётся на удвоитель напряжения, исполненный на диодах VD1-VD2 и конденсаторах C1-C2. От полученного напряжения 600 вольт питаются анодные цепи генератора. Конденсатор C3 задаёт частоту генератора, он должен быть рассчитан на напряжение не менее 1500 вольт. Элементы C4, R2, L2 образуют цепь обратной связи, нужной для работы генератора. Выходная мощность устройства 200-300 ватт.

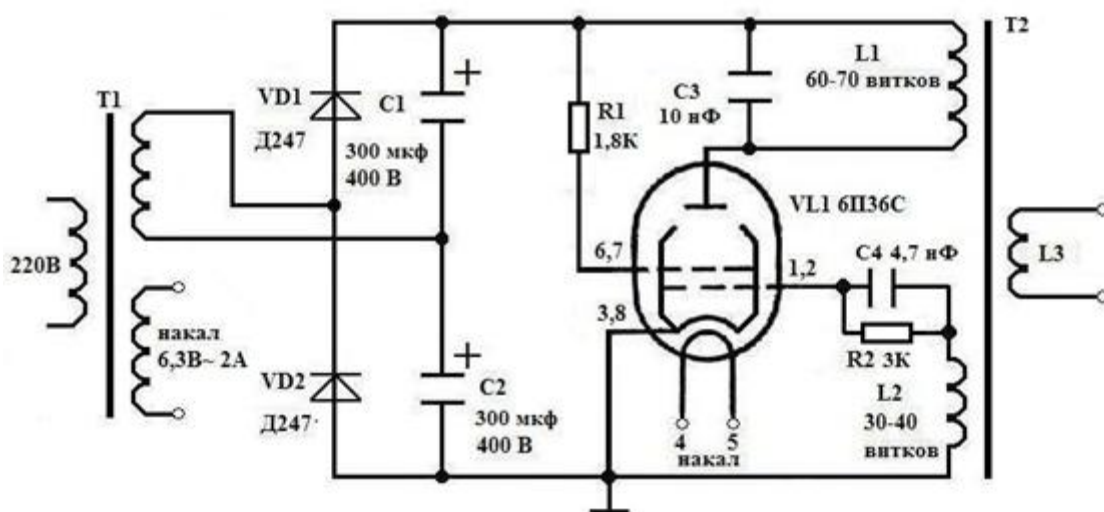


Рисунок 2.1 Первоначальная схема VTTC

После рассмотрения схемы (Рисунок 2.1) были выявлены недочеты, схема работает весьма нестабильно: генерация срывается и анод у лампы отпаивается - вначале он отпаивался снаружи, но наконец, отпайка случилась внутри. Для защиты лампы было принято решение установить плавкий предохранитель в цепи анода.

Учитывая недочеты схемы (Рисунок 2.1), был проведён ряд доработок, вследствие чего был сделан итог: данная схема будет работать лишь с новой генераторной лампой 6П45С; катушки L1 и L2 не соответствуют по числу витков для достижения резонанса с вторичной обмоткой L3; нужна установка переменных, мощных резисторов R1 и R2, чтобы они могли выдерживать высокие токи, и можно было бы подстроить оптимальный режим работы для лампы.

Проводя изменения в схеме, было выявлено ряд трудностей, присутствие которых не давало установить стабильный режим работы схемы.

При подаче на схему напряжения генераторная лампа 6П45С после небольшого промежутка времени работы (5-10секунды), лампа нагревалась слишком интенсивно, вследствие чего вероятность выхода из строя лампы возрастает. Рассматривая генераторную лампу 6П45С, которая проработала огромное число времени, было принято решение, подобрать оптимальное сопротивление R1, дабы уменьшить токи, чтобы продлить работоспособность схемы. Вследствие этого было принято решение использовать переменный резистор огромной мощности. В ходе эксперимента было выявлено, что схема нуждается в сопротивлении 15кОм 35Вт. Благодаря подбору резистора, генераторная лампа в схеме перестала быстро нагреваться, и работоспособность всей системы была увеличена.

Следующим этапом было достижение резонанса с вторичной обмоткой L3 и генератора. Было принято решение подобрать число витков на обмотках L1 и L2, и найти нужную ёмкость конденсаторов C3 и C4. Была проведена достаточно трудоёмкая работа по подбору данных значений, и удалось подобрать

приближённые значения емкостей конденсаторов и число витков обмоток. В итоге были получены первые высокочастотные электромагнитные колебания, которые были определены с поддержкой высокочастотного индикатора. Было решено провести наиболее точную калибровку контуров, для достижения максимального резонанса всей схемы и вторичного контура.

В ходе подбора значений был получен наивысший допустимый КПД данной установки и произведен ряд наблюдений. Принимая во внимание, что элементы С4, R2, L2 (Рисунок 2.2) образуют цепь обратной связи, был сделан вывод, что число витков обмотки L2 и ёмкостью конденсатора С4 нужно изменять. Первый эксперимент состоял в намотке изначального числа витков равное 13-ти, которое обеспечивало стабильную работу установки с определённым радиусом действия. Дальше было принято решение это число витков изменять. Уменьшая число витков до 10-ти, схема получила более высокий КПД, вследствие чего увеличился радиуса действия, но возникла нестабильность в генерации высокочастотных колебаний, и в проводимых экспериментах с люминесцентной лампой, чтобы определить мощность и радиуса действия установки, генерация пропадала. Последующий эксперимент состоял из увеличения числа витков до 15-ти. В итоге была получена огромная мощность по сопоставлению с начальным числом витков, генерация высокочастотных колебаний также стала более стабильной, но радиус действия установки снизился на треть.

Учитывая эти особенности, была поставлена задача, возрастания мощности и радиуса излучения установки оставляя изначальное число витков обмотки L2 равное 13-ти. Для достижения этой цели я применял самодельный тороид, тот, что устанавливался на выход обмотки L3. В итоге удалось получить нужный результат, а именно мощность излучения и радиус действия установки усилились вокруг тороида. Всё это объясняется тем, что тороид в данном случае является некоторым конденсатором энергии, вследствие чего не нужно увеличивать мощность схемы, но он способствует увеличению мощности и радиуса действия высокочастотных излучений установки.

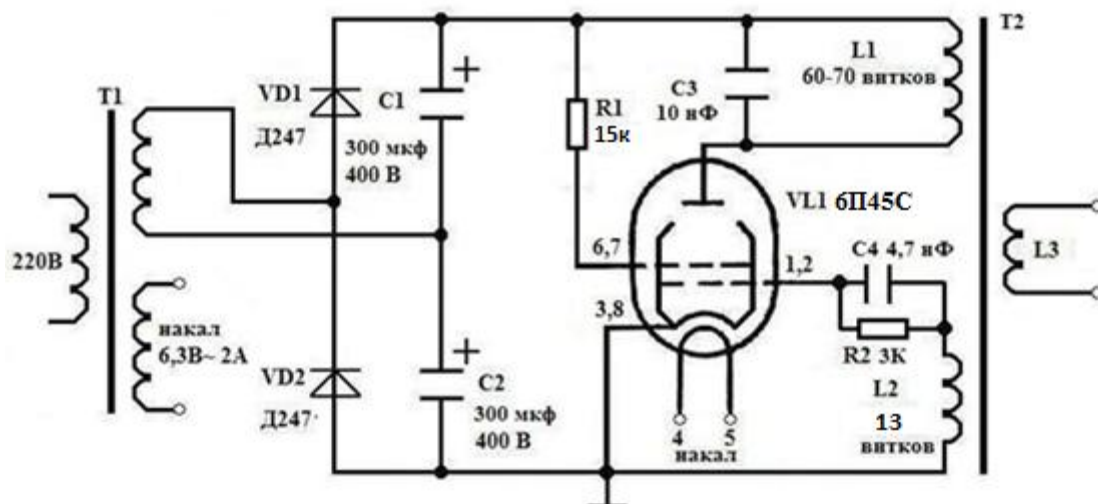


Рисунок 2.2 Конечный вариант VTTC

2.1.2. Обоснование выбранной схемы и описание принципа её работы

В данной работе была использована изменённая схема катушки Тесла на транзисторе (Рисунок 2.3). Дабы отказаться от трансформатора T1 и удвоителя напряжения, и брать напряжение напрямую 220 вольт, и осуществлять регулировку по частоте, было принято решение отказаться от 6П45С и заменить на транзистор.

Схема состоит из силового транзистора VT2, управляющего транзистора VT1, самой катушки Тесла L1-L2, задающего частоту колебаний конденсатора C1, и ключ S1 для переключения режима авто генерации и в подстройку частоты.

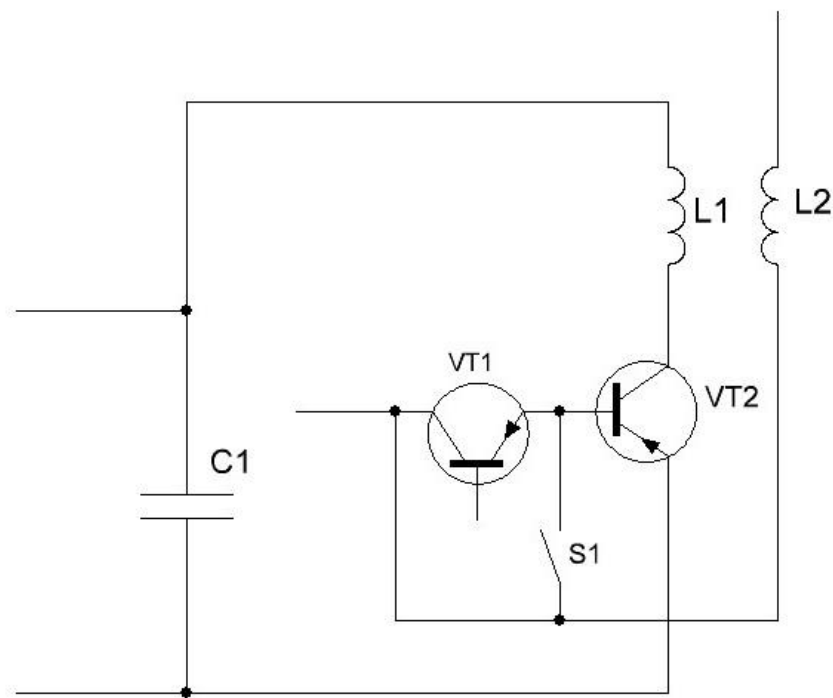


Рис. 2.3. – Упрощённая силовая схема катушки Тесла на транзисторе (SSTC)

В момент включения данной схемы начинается зарядка конденсатора C1, после полного заряда конденсатора, силовой транзистор VT2 открывается и через катушку L1 протекает ток, после разряда конденсатора транзистор VT2 закрывается и идёт опять процесс зарядки конденсатора. Данная работа приблизительно осуществляется на частоте 1 МГц, Транзистор VT1 выполняет роль прерывателя высокочастотных колебаний.

2.1.3 Разработка полной силовой части схемы

На основании рисунка 2.3 разработал структурную схему рисунок 2.4.

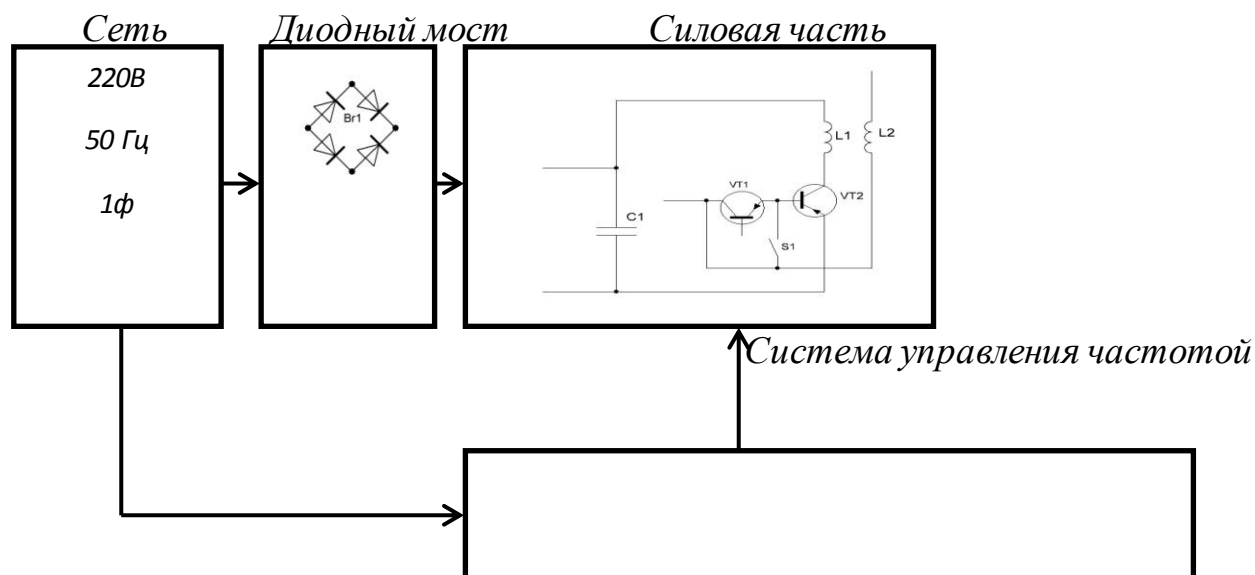


Рисунок 2.4. Структурная схема катушки Тесла

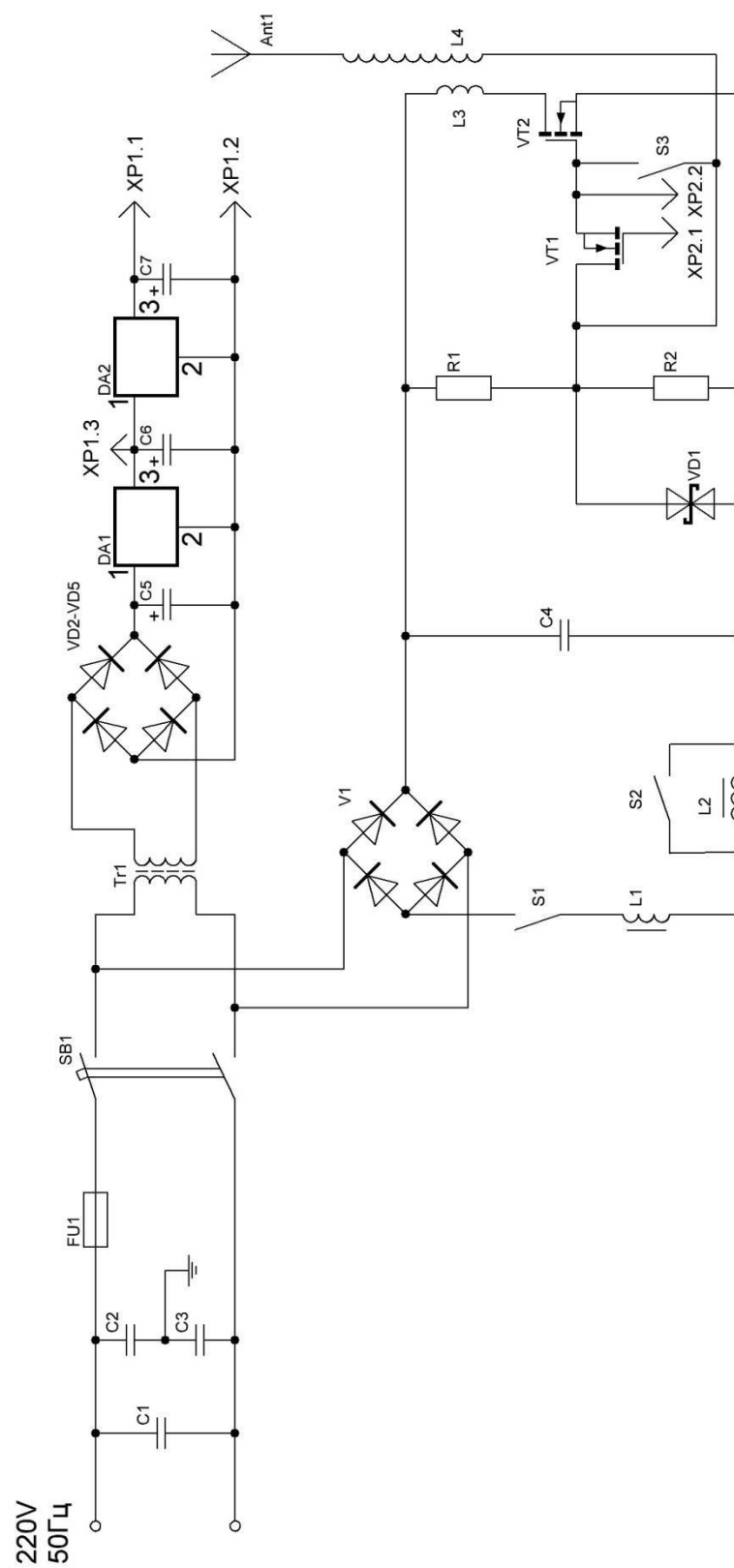
Данная схема представляет собой автогенератор. После анализирования схемы были выявлены небольшие недочеты, схема работает весьма нестабильно: генерация круто срывается и сток и исток перегорают. Чтоб транзистор оставался в рабочем состоянии, было принято решение ограничить ток дросселями.

Учитывая недочеты, схема приведённой на рисунке 2.3., был проведён ряд доработок, в ходе которых был сделан вывод: данная схема нуждается в супрессоре, который, будет ограничивать напряжение на затворе транзистора.

После первых испытаний в схеме, было выявлен недостаток, нагрев транзистора. Путём экспериментов было выявлено, что транзистор грелся из-за расхождения резонансной частоты колебания первичного контура. В ходе чего было принято решение сместить частоту колебательного контура 1, путём изменения ёмкости конденсатора C1.

После изменения частоты колебания первичного контура, пришлось подстраивать частоту второго контура, путём уменьшения витков на вторичной катушке. После всех изменений прилагаю полную силовую часть схемы (Рисунок 2.4).

Рис.2.4 Полная силовая
часть схемы



На рисунке. 2.4. видно, что сетевое напряжение подаётся на диодный мост. От полученного напряжения 300В питается генератор. Конденсатор С1 задаёт частоту генератора, он должен быть рассчитан на напряжение не менее 600 вольт. А в роли силового транзистора используется MOSFET IRFP460a. Спецификой MOSFET транзистора IRFP460a, является достаточно огромная мощность, рассеиваемая на стоке и истоке, способность выдерживать в толчке напряжение до 500В. Наивысший ток "сток" - «исток»: 20А. Транзистор IRFP460 полевой N-канальный, корпус ТО-247АС исполнен на основе пластины из полупроводника N-типа. Как и в биполярном транзисторе, с 2-х сторон к пластине присоединены два конца ("сток" и "исток"), а руководящий электрод – затвор. Меняя полярность и уровень прикладываемого напряжения к затвору, возможно, руководить сужением либо растяжением канала, внутренним сопротивлением, самое основное - током через транзистор. От того что транзистор именуется "полевым", управление производится электрическим полем, а не током базы, как в биполярном транзисторе. В связи с этим можно не тратить дополнительную энергию. Транзистор IRFP460 допускается подключение тремя методами: с всеобщим затвором, с всеобщим стоком, с всеобщим истоком. Вход полевого транзистора обладает огромным сопротивлением, вследствие чего разрешено подключать к нему высокоомный источник электрических колебаний. При расчете IRFP460, нужно исходить в первую очередь из тока, потребляемого нагрузкой. Наивысший ток для полевого транзистора IRFP460 составляет 20А. При превышении этого тока транзистор может выйти из строя. Вторым по важности параметром полевого транзистора является напряжение между "стоком" и "истоком". При превышении этого параметра, транзистор может "пробиться". Для рассматриваемой модели напряжение составляет 500V. Также транзистор IRFP460 характеризуется напряжением отсечки на участке "затвор" - «исток". От тока через транзистор и сопротивление канала зависит рассеиваемая мощность транзистора. Если транзистор планируется устанавливать в высокочастотные схемы, нужно

рассмотреть входную емкость и время переключения. При проектировании схем с использованием полевого транзистора IRFP460 следует рассматривать:

1. чувствительность к перегреву;
2. высокую вероятность пробоя от воздействия статического электричества.

В связи с этим при пайке полевого транзистора следует применять средства заземления. Лучше осуществлять пайку при помощи паяльника с заземлением и регулировкой температуры. Впрочем, лучшим решением вопроса было бы использование паяльной станции, паяльник в которой гальванически развязан от сети, и который снабжён антистатической охраной и регулировкой температуры.

После всех испытаний было выявлено оптимальное число витков первичной и вторичной катушки, которое составляет 5.5 витков первичной и 1290 витков вторичной. Конденсатор был подобран 1,5мкф 600 вольт. Делитель напряжения собран на сопротивлениях R1-R2, которые в свою очередь 310 вольт делят до 15 вольт. Супрессор выбран на ограничение напряжения в 15 вольт (1.5KE15CA). Так как токи через прерывающий транзистор очень маленькие и напряжение не превышает 15 вольт, было принято решение, поставить в схему транзистор IRFP140N, который рассчитан на 100V 27A.

2.2. Разработка системы управления

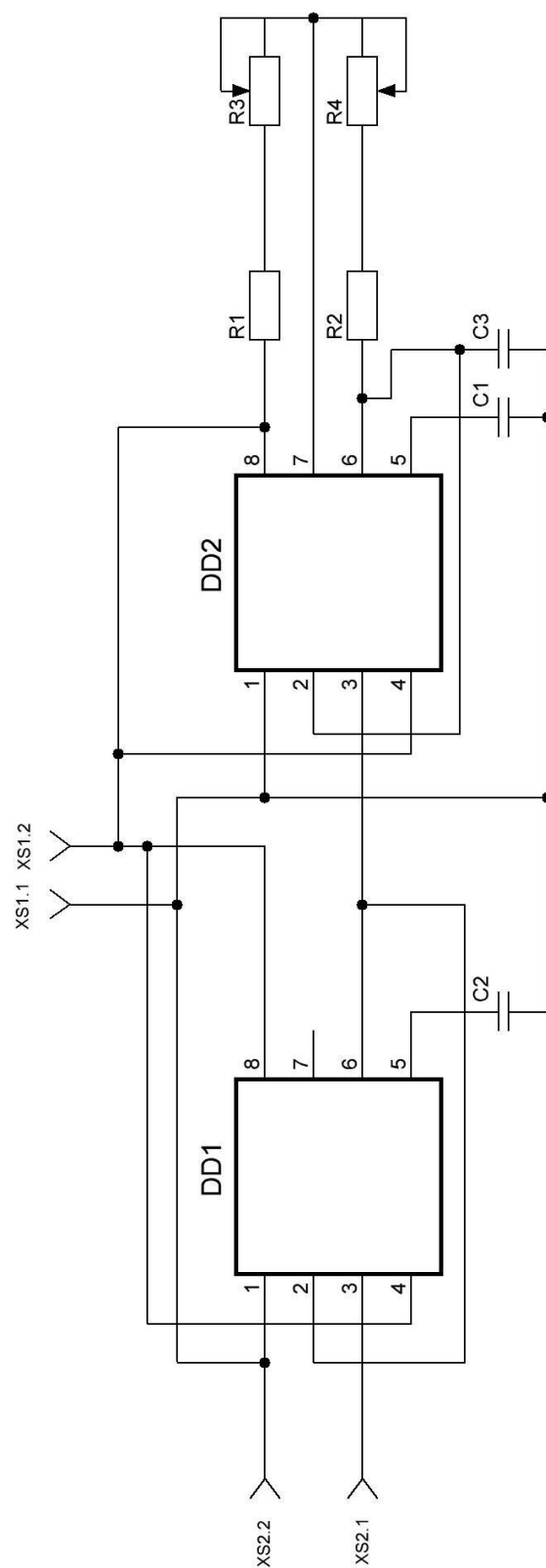
2.2.1. Общее описание работы схемы управления

Электрическая принципиальная схема системы управления изображена на рис.2.5

В основу схемы была взята микросхема таймер (NE555) в DIP корпусе. Её вполне хватает, чтобы открывать и закрывать транзисторы.

Микросхема состоит из делителя напряжения с двумя опорными напряжениями для сравнения, двух прецизионных компараторов (низкого и высокого уровней напряжений), RS-триггера с дополнительным входом сброса, ключа выполненного на транзисторе с открытым коллектором и выходного усилителя мощности для улучшения нагрузочной способности. Напряжение питания базовой версии NE555 находится в пределах 4,5 вольт - 6,5 вольт. Модификации некоторых микросхем работают до 18 В. КМОП-версии отличаются возможностью работы при низком напряжении питания (от 2 вольт). Микросхема потребляет ток величиной 6...15 мА в зависимости от напряжения питания (6 мА при $V_{CC} = 5 \text{ В}$ и 15 мА при $V_{CC} = 15 \text{ В}$). Обычно потребление меньше и достигает всего 3...10 мА в состоянии низкого уровня и 2...9 мА — в состоянии высокого. Ток потребления КМОП-версий таймера не превышает 100 микроампер. Максимальный выходной ток для отечественного аналога КР1006ВИ1 и КМОП-версий таймера составляет 100 мА. Ныне выпускаемые зарубежные аналоги, выполнены по биполярной технологии, допускают выходной ток до 200 мА и более.

Рис.2.5 Электрическая
принципиальная схема системы
управления



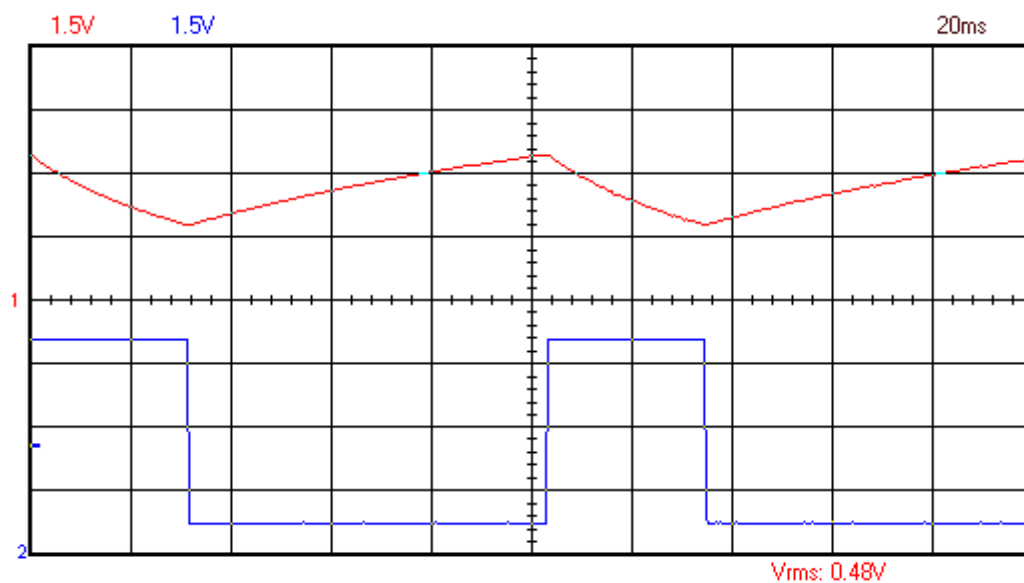


Рис. 2.6 Временные диаграммы работы системы управления (Конденсатор и DD1)

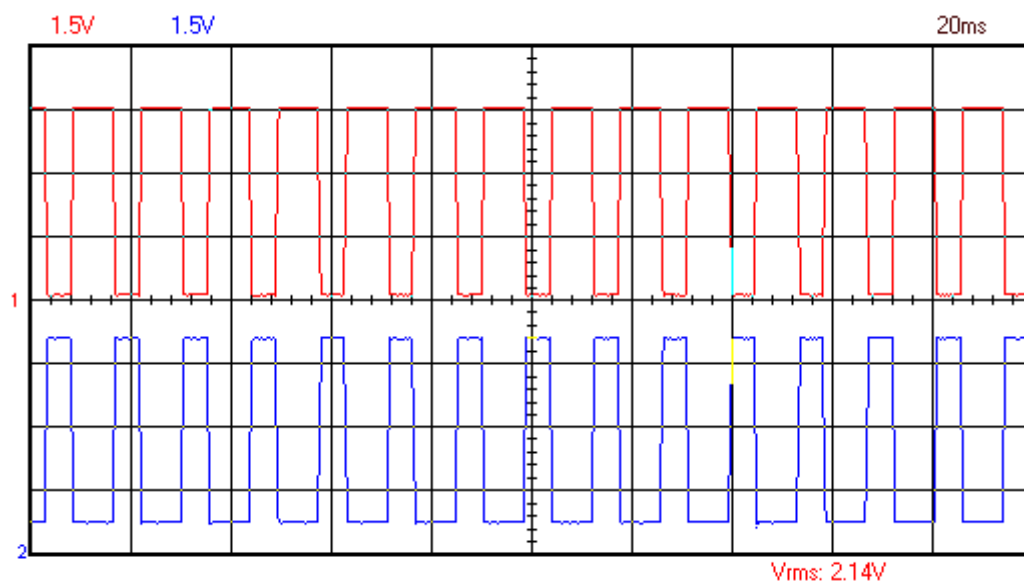


Рис. 2.7 Временные диаграммы работы системы управления (DD1 и DD2)

2.2.2. Схема включения NE555 в режим одновибратора

На схеме (Рисунок 2.8) Длительность импульса зависит от параметров элементов, в данной схеме единого запуска таймера 555. Рассмотрим эту схему.

Внутри микросхемы таймера размещен резистивный делитель, к которому подключены два компаратора. Эти компараторы руководят работой самого таймера. При подаче низкого сигнала (меньшего $\frac{1}{3} * E_{п2}$) на вход запуск, компаратор, подключенный к входу S RS-триггера, на выходе образует значение напряжения логической единицы.

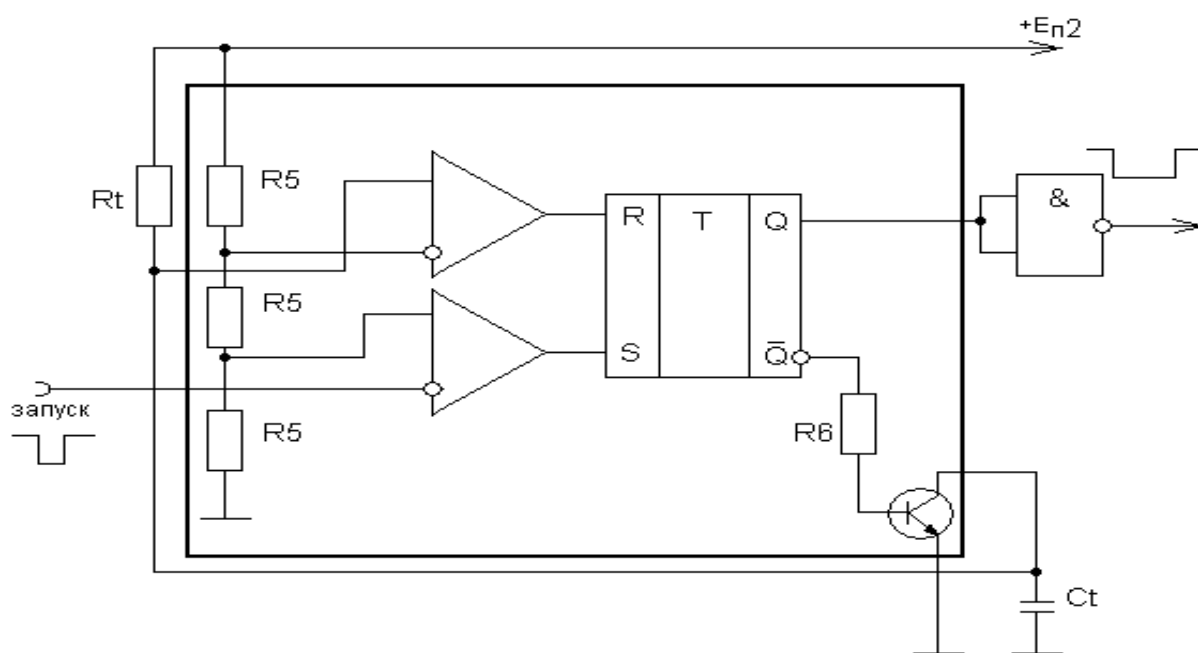


Рисунок 2.8 Схема включения таймера NE555

Считаем, что в первый момент времени конденсатор Ct разряжен. Тогда 2-й компаратор образует на входе R логичный нуль. Триггер переходит в единичное

состояние. На его инверсном выходе напряжение падает до логического нуля. Транзистор запирается и происходит зарядка конденсатора C_t через резистор R_t .

Конденсатор заряжается до тех пор, пока потенциал верхней обкладки не достигнет величины $2/3 E_{п2}$. Дальше – верхний компаратор сформирует сигнал и RS триггер перейдет в состояние нуля. Транзистор, руководящий работой конденсатора, будет работать в режиме насыщения, и, по сути дела, произойдет разрядка C_t через переход коллектор-эмиттер 20-25 Ом.

Сопротивление R_t выбираем несколько кОм, дабы сопротивления перехода коллектор-эмиттер интенсивного транзистора было меньшим.

На выходе таймера поставлен логический инвертор. Он формирует низкий сигнала для открытия транзистора VT1 в период действия толчка таймера.

Период, за который таймер, так сказать "выходит из себя", может лежать в пределах от одной миллисекунды до сотен секунд и считается он по формуле

$$T = 1.1 \times R_t \times C_t \quad (1)$$

Перейдем ко второму режиму.

На схеме (Рисунок 2.9) показано включение таймера NE555 с двумя резисторами. В эту схему добавлен еще один резистор. Входы обоих компараторов объединены и подключены к соединению резистора R_2 и конденсатора. Седьмой вывод включен между двумя сопротивлениями. Конденсатор вынужден заряжаться через резисторы R_1 и R_2 .

Теперь посмотрим, что же произойдет, когда мы подадим питание на схему. В начальном состоянии конденсатор разряжен и на входах обоих компараторов низкий сигнал напряжения, приближенный к нулю. Компаратор №2 переключает внутренний триггер и устанавливает на выходе таймера высокий сигнал. Транзистор закрывается, и конденсатор начинает заряжаться через резисторы R_1 и R_2 (Рисунок 2.9).

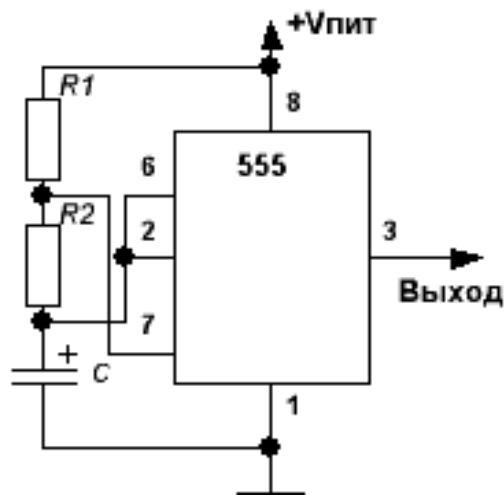


Рисунок.2.9 Схема включения таймера с двумя резисторами

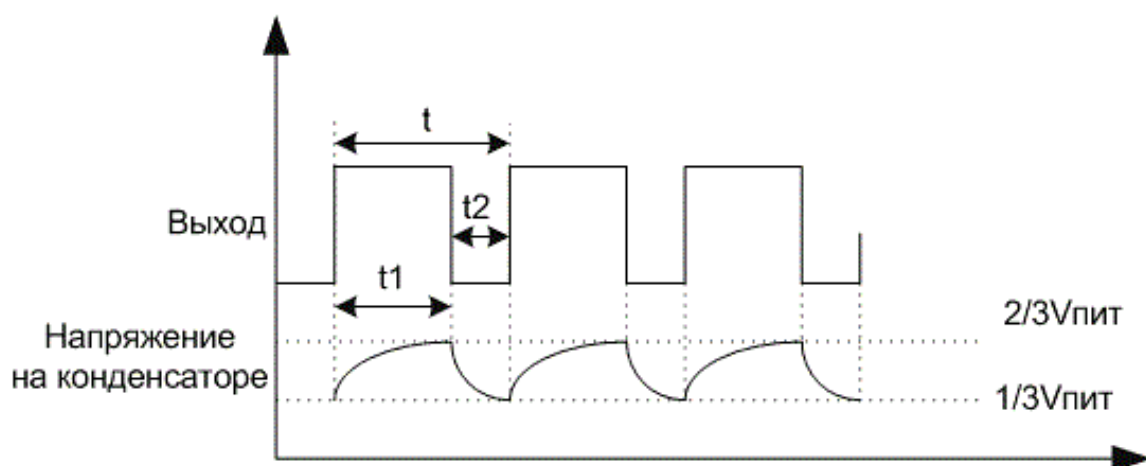


Рисунок 2.10 Заряд и разряд конденсатора

Когда напряжение на конденсаторе достигает $\frac{2}{3}$ напряжения питания, компаратор №1 в свою очередь переключает триггер и выключает выход таймер - напряжение на выходе становится близким к нулю. Транзистор открывается, и конденсатор начинает разряжаться через резистор R2. Как только напряжение на конденсаторе опустится до $\frac{1}{3}$ напряжения питания, компаратор №2 вновь

переключит триггер и на выходе микросхемы вновь появится высокий уровень сигнала. Транзистор закроется, и конденсатор вновь начнет заряжаться.

В итоге после каждого действия, на выходе мы получаем последовательность прямоугольных толчков. Частота толчков зависит от величин C, R1 и R2. Определяется она по формуле:

$$f = \frac{1}{0.693 \times C \times (R1 + 2R2)} \quad (2)$$

Время между началом каждого дальнейшего толчка называется периодом и обозначается буквой t. Оно складывается из продолжительности самого толчка - t1 и интервалом между толчками - t2. $t=t1+t2$

Частота и период - понятия обратные друг другу и зависимость между ними следующая: $f = 1/t$, t1 и t2, разумеется, тоже можно и нужно посчитать. $t1 = 0.693(R1+R2)C$; $t2 = 0.693R2C$;

3. Конструкторская часть

3.1. Чертёж корпуса катушки

После определения полной схемы катушки Тесла, был создан чертёж корпуса (Рисунок 3.1).

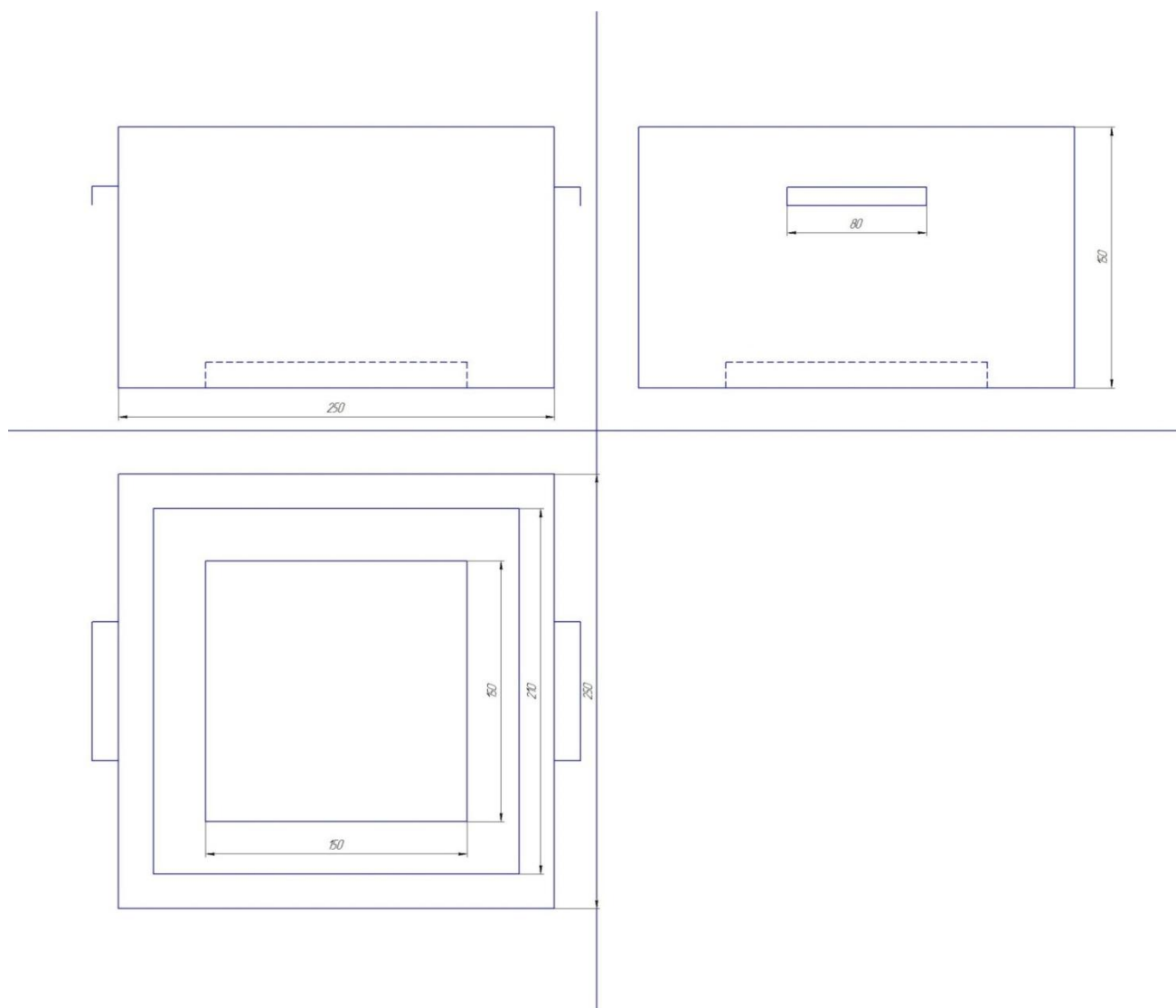


Рисунок 3.1 Чертёж корпуса катушки

3.2. Нарезка и сгибание металла

Изготовление началось с нарезки листового металла на электромеханической гильотине MAZANEK Серия GM. Максимальная толщина резаного листа составляет 1,5 мм (для $RM < 400\text{MPa}$). Перед началом работы тщательно проверил состояние всех болтовых соединений, а затем приступил к резке листового металла. Работник, обслуживающий машину, должен иметь охранные рукавицы с пальцами, а его спецодежда должна соответствовать требованиям безопасности и гигиены труда. На рисунке 3.2 изображён внешний вид гильотины с её главными частями

Процесс резки происходит следующим образом:

Подвижная балка с верхним ножом (1) всегда находится в верхнем положении.

1. Вложить листовой металл между столом (2) и прижимом листа (3).
2. Отрежьте листовой металл по размеру, установленному с помощью заднего упора (4), нажимая ножную педаль (5).
3. Операцию повторить.

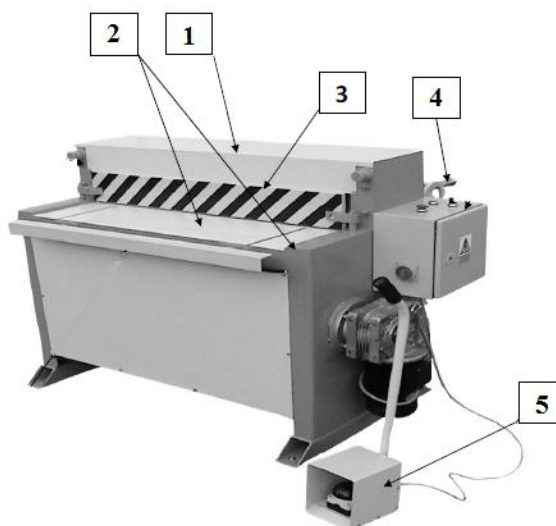


Рисунок 3.2. Внешний вид гильотины

После нарезки листового металла, металл гнулся на гидравлическом листогибочном станке WC67Y-40 2500.

Данное оборудование является универсальным станком для гибки листового металла, подходит для гибки различных заготовок. Оборудовав станок специальным устройством, можно использовать его для гибки труб, пробивки отверстий, вытягивания и так далее. Можно использовать различные формы и прикладывать соответствующую изгибающую силу для листов различных материалов и толщины.

Станок относится к оборудованию, наиболее рекомендуемому для придания формы листовому металлу, обладает высокой эффективностью, может широко применяться в таких отраслях промышленности, как авиастроение, автомобилестроение, кораблестроение, производство электроники, механического оборудования, лёгкая промышленность.

Основной подвижный элемент станка – траверса, которая приводится в движение гидравлической системой. Для удовлетворения потребностей технологии производства используется три способа работы на станке (запускаются ножным переключателем): точечный ход, одинарный ход, продолжительный ход.

3.3. Сварка и покраска

Сварка металла производилась при помощи полуавтоматическим сварочным аппаратом. Для правильной регулировки и эксплуатации сварочного аппарата потребовался опыт. При сварке есть два основных сварочных параметра: это сварочный ток и скорость подачи проволоки.

Был установлен ток, и скорость подачи проволоки в зависимости от толщины материала, который необходимо сварить. Величину сварочного тока подбирал опытным путем при помощи переключателей на передней панели. При этом для установленного сварочного тока регулировкой скорости подачи

проволоки добиваются наиболее приемлемого качества сварочного шва. Чрезмерное увеличение сварочных параметров не гарантирует качественную сварку.

Слишком высокая скорость подачи проволоки (слишком высокая по отношению к сварочному току) приводит к пульсации внутри горелки. Это связано с тем, что сварочная проволока, достигая сварочной ванны не расплавившись в значительной степени, т.к. из-за быстрой скорости проволока не успевает расплавиться. Слишком высокий сварочный ток (слишком высокий по отношению к скорости подачи проволоки) приводит к излишней и нестабильной сварочной дуге. Дальнейшее увеличение сварочного тока может привести к сгоранию наконечника. Располагал горелку над местом предполагаемого сварочного шва под углом 45 градусов. Старался располагать сопло горелки на расстоянии 5мм от поверхности для достижения хорошего качества сварочного шва. Использовал защитную маску. Во время сварки образовывалось большое количество сварочного материала, уменьшал и соблюдая постоянную скорость. С помощью потенциометра, регулирующего скорость подачи проволоки, установил жесткую дугу.

Был выбран порошковый вариант окраски корпуса, так как, порошковая окраска металла - это современная экологически безопасная технологи нанесения декоративных и защитных покрытий на изделия из металлов, керамики и других материалов. Порошковые покрытия отличаются наивысшим качеством. Высокая стойкость к механическим изделиям и агрессивным средам, долговечность, тепло и холодостойкость, прекрасные эстетические качества - это лишь небольшая часть всех достоинств порошковой покраски.

Порошковые краски впервые появились в 60-е годы прошлого века. Они позволяли получить прочное покрытие с идеально гладкой поверхностью и прекрасными эксплуатационными свойствами, что было проблематичным при использовании традиционных эмалевых и лаковых красок. К тому же порошковые покрытия приобретали нужные свойствами практически сразу после нанесения.

Перед покраской корпус прошёл стадию обработки. Особенно важным фактором, влияющим на качество и стойкость лакокрасочного покрытия на металлических изделиях, является правильная подготовка поверхности перед покраской. При нанесении порошковой краски требования к чистоте поверхности особенно высоки. Это вызвано как самими свойствами краски, так и технологией получения покрытия.

Порошковые краски не имеют в своем составе растворителей, поэтому они не могут растворять на поверхности изделия масло, сажу или жир, как это происходит при использовании обычных органических растворимых красок. Оставшиеся на поверхности металла даже в небольшом количестве загрязнения ухудшают адгезию и оплавление порошковой краски, которая в жидком состоянии пребывает короткий промежуток времени. Недостаточное обезжиривание поверхности проявляется в таких дефектах покрытия как: неравномерность слоя, плохая адгезия и слабая стойкость к коррозии, пузырчатость и отслоение.

Дополнительно, для увеличения адгезии и стойкости к коррозии порошкового покрытия используют такие химические методы подготовки поверхности как аморфное или кристаллическое фосфатирование.

Выбор технологии подготовки поверхности зависит от исходного состояния поверхности, используемых видов красок и требований которые предъявляются к готовому покрытию. Технологии химической подготовки поверхности обычно состоят из нескольких этапов, их количество зависит от исходного состояния поверхности и предъявляемых требований к порошковому покрытию.

В случае кристаллического фосфатирования, процесс состоит из одиннадцати этапов: щелочного обезжиривания, двух промывок, травления, двух промывок, активации, фосфатирования, двух промывок и пассивации.

Если не выдвигаются высокие требования к коррозионной стойкости окрашенных изделий из стали, алюминия или оцинкованной стали, то очень хороший эффект дает одноэтапный процесс аморфного фосфатирования, который позволяет проводить одновременное обезжиривание поверхности с последующим получением на ней аморфного фосфатного слоя. В технологиях, которые

основываются на водных растворах, очень важным этапом является промывка. Если процесс основывается на органических растворителях, то в промывке нет нужды.

Покраска сваренного корпуса осуществлялась ручным пистолетом фирмы Gema модель OptiSelect.

Когда предварительная обработка закончена, окрашиваемый предмет помещают в камеру напыления, где на него непосредственно наносится порошковая краска.

Краткая инструкция к инструменту для порошковой покраски.

Убедитесь в заземлении всех электропроводящих деталей в пределах 5 м от окрасочной камеры!

1. Взять пистолет в руку и держать в кабине, однако пока не приближать к окрашиваемому предмету.
2. Выберите режим работы:
3. Регулирование расхода порошка и порошкового облака. Это должно происходить при приведенном в действие пистолете, чтобы иметь возможность проверять порошковое облако.
4. Нажмите на спусковой крючок пистолета.
5. Окрасьте предмет(ы).

Когда краска уже нанесена на изделие, его направляют на следующую стадию – формирования покрытия, которая включает в себя оплавление слоя краски, получение плёнки покрытия, его отверждение и охлаждение.

Процесс оплавления осуществляется в специальной печи или камере. Есть много видов камер полимеризации, в зависимости от особенностей производства их конструкция может меняться. Говоря простым языком, такая печь – это своеобразный сушильный шкаф, имеющий электронную «начинку». С помощью блока управления есть возможность контролировать температурный режим камеры и время окрашивания, настраивать автоматическое отключение по окончании процесса. Источником энергии для печи полимеризации может быть электричество, природный газ или даже мазут.

Оплавление и полимеризация происходят при температуре в 150-220° С на протяжении 15-30 минут, в результате чего образуется плёнка, то есть порошковая краска полимеризуется.

Главное требование, которое предъявляется к камерам полимеризации, заключается в постоянном поддержании заданной температуры для равномерного прогрева окрашиваемого изделия. Необходимый режим для формирования покрытия подбирается с учётом особенностей данного изделия, вида порошковой краски, типа печи и т. п.

3.4. Изготовление верхней крышки

Верхняя крышка была изготовлена из 3 слоёв: смола со стеклоткань, 3мм фанера, смола. Было принято решение использовать полиэфирную смолу.

Полиэфирные смолы в отверждённом состоянии являются замечательными конструкционными материалами. Для них характерны твёрдость, высокая прочность, прекрасные диэлектрические свойства, износостойкость, химическая стойкость. Не стоит забывать о том, что в процессе эксплуатации изделия из полиэфирной смолы безопасны с экологической точки зрения. Определённые механические качества смесей, которые используются совместно со стеклотканями, по своим показателям напоминают параметры конструкционной стали (в некоторых случаях даже превышают их). Технология изготовления дешева, проста, безопасна, поскольку вещество отверждается при обычной комнатной температуре, не требуется даже приложение давления. Выделения летучих и иных побочных продуктов не происходит, наблюдается разве что небольшая усадка. Таким образом, чтобы изготовить изделие, не нужны дорогостоящие громоздкие установки, нет необходимости и в тепловой энергии, благодаря чему предприятия быстро осваивают как крупнотоннажное, так и малотоннажное производство продукции. Не стоит забывать о низкой стоимости

полиэфирных смол — этот показатель в два раза ниже, чем у эпоксидных аналогов.

Разумеется, полиэфирные смолы также обладают некоторыми недостатками, как и любые другие материалы. К примеру, во время производства используется стирол как растворитель. Он огнеопасен, является весьма токсичным. На данный момент уже созданы такие марки, которые не имеют в своём составе стирола. Ещё один явный недостаток: горючесть. Не модифицированные ненасыщенные полиэфирные смолы горят точно так же, как твёрдые породы деревьев. Данную проблему решают: в состав вещества вводятся порошковые наполнители (низкомолекулярные органические соединения с содержанием фтора и хлора, трехокиси сурьмы), иногда используют химическое модифицирование — вводят тетрахлорфталевою, хлорэндиковую кислоты, некоторые многомеры: винилхлорацетат, хлорстирол, другие соединения, которые содержат хлор.

4. Экспериментальная часть

В ходе проводимых экспериментов было выявлено, что катушка Тесла возбуждает пространство вокруг себя, электрические колебания генерируются и распространяются, вследствие чего стала возможной передача энергии беспроводным способом.

4.1. Известные эффекты, наблюдаемые при работе установки.

В то время, когда катушка Тесла работает, она создает завораживающе красивые визуальные эффекты, которые напрямую связаны с образованием некоторых видов газовых разрядов. Из числа тех, кто собирает трансформаторы Тесла, находятся многие, делающие это именно для того, чтобы насладиться такими впечатляющими, красивыми явлениями.

Катушка Тесла, в существе своем, способна производить 4 вида разрядов. Одним из таких видов являются стримеры — тонкие тускло светящиеся разветвленные каналы, которые содержат свободные электроны, отщепленные от ионизированных атомов газа. От терминала катушки, либо от наиболее острых частей, стример протекает в воздух, не уходя при этом в землю, так как заряд с поверхности разряда стекает равномерно через воздух в землю. По сути дела, стример — это видимая, создаваемая полем трансформатора, ионизация воздуха (так называемое свечение ионов).

Следующим видом является искровой разряд — спарк. Он идёт с терминала, либо с наиболее острых частей, непосредственно в землю или в заземлённый предмет. Выглядит как яркий пучок нитевидных, часто разветвленных искровых каналов, быстро исчезающих или сменяющих друг

друга. Имеет место быть также и особый вид искрового разряда, так называемого скользящего искрового разряда.

Коронный разряд — один из видов разрядов, производимых катушкой Тесла, представляющий собой свечение ионов воздуха в электрическом поле высокого напряжения. Он создает вокруг частей конструкции с сильной кривизной красивое свечение голубого цвета.

Также, во многих случаях образуется еще один вид разрядов — дуговой разряд. К примеру, если при достаточной мощности трансформатора, близко поднести к его терминалу заземленный предмет, то между терминалом и предметом может загореться дуга. В некоторых случаях, следует и вовсе прикоснуться предметом к терминалу, а потом, отводя предмет на большее расстояние, растянуть дугу. Ламповым катушкам Тесла это особенно свойственно. Но если же катушка имеет малую мощность, то спровоцированный дуговой разряд может сильно повредить ее компоненты.

Вблизи мощных катушек, зачастую можно наблюдать, как разряды идут от заземленных предметов в сторону катушки, а не только от нее самой (ее терминала и т.д.). На таких предметах порой может возникать и коронный разряд. Реже можно наблюдать тлеющий разряд. Интересен тот факт, что нанесенные на разрядный терминал некоторые химические вещества, способны изменять цвет разряда. Натрий, к примеру, меняет окрас спарка на оранжевый, в то время как бром — на зеленый.

Нельзя не отметить, что работа резонансного трансформатора сопровождается характерным электрическим треском. Возникновение такого явления напрямую связано с превращением стримеров в искровые каналы, сопровождаемый резким возрастанием силы тока и количества энергии, которые выделяются в них. Каждый канал быстро расширяется, в нём скачкообразно повышается давление, в результате чего на его границах возникает ударная волна. Именно эта совокупность ударных волн от расширяющихся искровых каналов порождает звук, слышимый как «треск» искры.

4.2. Неподтверждённые и неизвестные эффекты катушки Тесла

Некоторые люди считают, что катушки Тесла — это особенные артефакты с исключительными свойствами. Сам Тесла считал, что его генератор восполняет энергию из эфира (некоей особой невидимой глазу человека материи в которой распространяются электромагнитные волны) через искровой промежуток. Это породило мнение о том, что трансформатор Тесла может быть генератором свободной энергии и вполне реально являться вечным двигателем. Порой встречаются мнения, будто можно эффективно передавать энергию без проводов на огромные расстояния, и даже создавать антигравитацию. К сожалению, подобные свойства пока что не подтверждены наукой. Хотя сам Н.Тесла и размышлял о том, что благодаря его изобретениям человечеству будут доступны такие способности, в конце концов счел, что люди еще к этому не готовы.

Существует достаточно распространенное мнение о том, что выпускаемые трансформаторами Тесла разряды, абсолютно безопасны. Такое мнение не совсем верное. Хотя катушки Тесла используются даже в медицине. С помощью них производят процедуры по оздоровлению кожи, что дает положительный эффект и благотворным образом действует на кожу. Однако конструкция медицинских аппаратов довольно сильно отличается от конструкции обычных трансформаторов. Лечебные генераторы отличаются крайне малой мощностью и высокой частотой выходного тока, при которой скин-эффект безопасно мал. Если по проводнику пустить переменный ток высокой частоты, окажется, что весь ток в проводнике будет протекать по тонком поверхностному слою. Само название происходит от английского слова «skin», которое переводится как «кожа». Для среднестатистической катушки Тесла толщина скин-слоя колеблется от 1 мм до 5 мм и этой мощности хватит, чтобы нагреть кожу и тем самым нарушить естественные химические процессы. При воздействии подобных токов длительное время, могут начать развиваться злокачественные опухоли, заболевания хронического характера и прочие негативные последствия. А также, стоит

отметить, что человеческая нервная система не воспринимает высокочастотный ток и боль не чувствуется, что может положить начало губительным процессам для человека. Существует также и опасность отравиться газами, которые образуются во время работы трансформатора, если помещение закрыто и нет подачи свежего воздуха. Ко всем прочему, можно попросту обжечься, поскольку температуры разряда как правило достаточно для небольшого ожога. Для того чтобы «поймать» разряд, лучше всего использовать какой-либо проводник, в таком случае непосредственного контакта с кожей у горячего разряда не будет, и прежде ток пройдет через проводник, а через тело уже после.

4.3. Влияние на человека и безопасность

Катушка тесла - это довольно таки неоднозначный прибор. В том, что катушка тесла может быть опасной, никто не сомневается, но правильно оценить опасные факторы могут не все. На практике мы неоднократно сталкивались со случаями, когда опасностями недопустимо пренебрегают, либо наоборот, не разобравшись, считают катушку Тесла недопустимо опасным. Здесь мы постараемся разобраться, чем может быть опасна катушка Тесла и как с ней правильно обращаться.

На первый взгляд, наиболее опасным эффектом является непосредственно высоковольтный разряд. Разряд от катушки хорошо заметен, сопровождается, как правило, характерным звуком и запахом озона. И он действительно опасен. Попадание разряда в человека не обязательно влечет за собой серьезные последствия, но и бесследно не проходит. В интернете распространены фотографии и видеоролики, на которых разряды от катушек ловят руками, либо не изолированными предметами, держа их в руках. Так делать недопустимо! У разных людей разная чувствительность и разная подверженность влиянию электрического тока. Один человек может не почувствовать разряда вовсе, а другой ощутит все неприятные свойства и последствия в полном объеме. При

использовании катушки тесла следует внимательно контролировать опасную зону, чтобы исключить непосредственное попадание разряда в человека.

Второй опасный фактор, не столь очевиден и о нем часто забывают упомянуть. Катушка тесла содержит много различных электрических цепей. В большинстве катушек первичные электрические цепи, как внутренние, так и видимые снаружи, могут представлять значительную опасность. Практически во всех видах катушек первичные цепи находятся высоким напряжением. И напряжение в первичных цепях "действительное", то есть источник этого напряжения способен отдать ток, который может привести к серьезному поражению человека. Помимо этого, любая катушка содержит в себе конденсаторы. Это деталь, которая способна накапливать электрический заряд и сохранять его достаточно продолжительное время. Этот заряд может быть чрезвычайно опасен. При использовании катушки Тесла следует внимательно контролировать опасную зону, чтобы исключить прикосновение человека к первичным цепям установки. Также после использования катушки следует убедиться, что все внутренние конденсаторы разряжены.

Третьим фактором, сопровождающим работу катушки Тесла, является электромагнитное поле. Любая катушка Тесла при работе генерирует электромагнитное поле, напряженность которого достаточно велика возле катушки, но резко падает на некотором расстоянии от нее. Как правило, за пределами зоны, которая гарантирует безопасность от непосредственного попадания высоковольтного разряда, напряженность электрического поля невелика и поле не может оказать опасного воздействия на человека. Тем не менее, об этом факторе необходимо помнить.

Генерируемое катушкой поле может быть опасно для людей с кардиостимуляторами. Людям - носителям таких приборов не следует присутствовать на тесла шоу.

Ну и последним фактором, о котором следует упомянуть, являются электрические помехи. Данный фактор не оказывает влияния на человека, однако может приводить к нарушениям в работе различной аппаратуры. С точки зрения

электромагнитной совместимости, катушка Тесла, генерирующая высоковольтный разряд, является не самым удобным прибором. Электромагнитное поле и помехи сопровождают любой высоковольтный разряд. Этот фактор необходимо учитывать при использовании катушек тесла на выставках.

Катушки тесла, как и многое другое, могут быть опасными. Но при правильной эксплуатации катушек, и соблюдении техники безопасности, и они абсолютно безопасны и могут использоваться для передачи электроэнергии и демонстрации эффектов получаемых в ходе работы установки!

Заключение

В заключении стоит отметить, что созданная в рамках бакалаврской работы модификация трансформатора Тесла отличается довольно высоким качеством. В частности это касается и сборки, поскольку благодаря стабильной работе есть возможность наглядно продемонстрировать визуальные эффекты. Одним из них является передача небольшой части электроэнергии на расстояние. Мощная электронная эмиссия, вызванная в окружающих установку металлических предметах, возникавшая при работе установки, вследствие чего с них можно было снять часть энергии.

Был проведён ряд доработок силовой части схемы, для увеличения стабильности и продолжительности работы данной катушки, для дальнейшего изучения всех её эффектов. Они включают в себя добавление в схему небольшой элементной базы и настройку резонанса. Нельзя забывать и про прерывающую часть схемы (систему управления), которая в свою очередь была адаптирована под данную установку, для получения дополнительных эффектов, таких как вытягивание стримеров из терминала катушки. А также собственноручно были изготовлен корпус, антенна (тороид), первичный и вторичный колебательные контуры, электронные составляющие. Создание установки происходило в несколько этапов. Один из этапов включил в себя изучение материала по листорезке, сварке полуавтоматом, обработке перед покраской, покрытию порошковой краской; была проведена работа со стекло-материалом и смолой. Следующим шагом стало применение на практике полученных знаний. Работа проходила под надзором профессионала, соблюдая технику безопасности, благодаря чему удалось достичь максимально хорошего качества, как сварки элементов установки, так и их покраски, что позволит сохранить внешний вид устройства на долгое время. Далее производилась намотка вторичного контура,

который первоначально включал в себя 1350 витков, и в процессе подстройки колебательных контуров количество витков пришлось уменьшить до 1295, для того что бы возник резонанс между первичным и вторичным контурами.

Выполняя данную работу, было интересно подстраивать резонанс двух колебательных контуров и следить за изменением уровня выходного сигнала, и как он влияет на окружающие предметы, а также наблюдать с помощью ламп дневного света распространение электромагнитного поля вокруг катушки.

Бесспорно, Н. Тесла является интересной фигурой с точки зрения на перспективу использования на практике его нетрадиционных идей. Сербскому гению удалось оставить заметный след в истории науки и техники.

Его инженерные разработки нашли применение в области электроэнергетики, электротехники, кибернетики, биофизике, медицине.

В данном варианте полезного использования трансформатора Тесла – реально используется мощное электромагнитное поле вблизи этого трансформатора. Например, обычные люминесцентные лампы светятся автоматически при их приближении к нему, при этом потребляемый ток в первичной обмотке трансформатора не увеличивается, а для работы лампы накаливания необходим дополнительный электрод, размещенный вблизи вторичной катушка этого трансформатора, соединенный одним проводом с этим дополнительным электродом. Отсюда следует, что при минимизации затрат электроэнергии на возбуждение первичной обмотки этого трансформатора, вполне можно получить более экономичное электроосвещение с экономией электроэнергии на него при той же освещенности по сравнению с традиционными системами электроосвещения.

Список используемых источников

1. Незвинская Л., Волков П. Утраченные изобретения Николы Тесла / Никола Тесла. М.: Яуза: Эксмо, 2009, с 35-149, ил.
2. Хныков А.В. Теория и расчёт трансформаторов. Источники вторичного электропитания. Москва: СОЛОН-Пресс 2004.
3. Заев Н.Е. Сверхпроводники инженера Авраменко. "Техника - молодежи", №1, Москва, 1991.
4. Н.В. Хорошилов, А.В. Пилюгин, В.И. Бирюлин, О.М. Ларин, Л.В. Хорошилова. Электропитающие системы и электрические сети. Старый Оскол:ТНТ ,2012.-352с.
5. Кулигин В.А., Корнева М.В., Кулигина Г.А., Большаков Г.П. Безинерциальные заряды и токи. <http://www.n-t.ru/ac/iga/>
6. Гржимальский Л. Л., Губин А. И., Екатова А. С., Справочник по пайке, Москва, 1975, 398с
7. Заев Н.Е., Авраменко С.В., Лисин В.Н. Измерение тока проводимости, возбуждаемого поляризационным током. <http://physics.ru/dissertation/269/>
8. Б. Ю. Семенов, Силовая электроника для любителей и профессионалов, Солон, Москва, 2001г., 234с
9. Форум "Революция в электроэнергетике: российские инженеры повторили установку Тесла?" №24, PVA (27 июня 2011 09:35), <http://okoplanet.su/phenomen/phenomescience/page.1.1.72768-revolyuciya-v-elektroenergetike-rossiyskie-inzhenery-sozdali.html#comment>
- 10.Ренне В., Пленочные конденсаторы с органическим синтетическим диэлектриком, Отдельное издание, Москва, г.1998, 204с.

11. Хмельник С.И. Статические электрические и магнитные поля. «Доклады авторов», изд. «DNA», printed in USA, Lulu Inc., ID 11744286. РФ-Израиль, 2011, вып. 19, ISBN 978-1-105-15373-0.
12. Гольдштейн Л.Д., Зернов Н.В. Электромагнитные поля и волны. Издание второе, переработанное и дополненное. Изд. "Советское радио", М., 1971. — 66 с.
13. Хмельник С.И. Энергетические процессы в бес топливных генераторах, № 18 / 2011г.
14. Рощин В.В., Годин С.М. Экспериментальные исследования физических эффектов в динамической электромагнитной системе. Письма в ЖТФ, 2000, том 26, вып. 24, <http://www.ioffe.rssi.ru/journals/pjtf/2000/24/p70-7S.pdf>
15. Б.М. Яворский, А.А. Дэтлаф. Справочник по физике, М., ФИЗМАТГИЗ, 1963.
16. Верин О.Г. Теория трансформатора Тесла. Настоящий выпуск ДНА.
17. Питер А. Линдэман. Секреты свободной энергии холодного электричества, Интернет
18. Косино Н.В. Эксперименты по беспроводной передаче энергии: подтверждение революционных опытов Николы Тесла. <http://kosinov.314159.ru/kosinov31.htm>
19. Катаргин Р.К. Наследие Тесла. <http://forum.lah.ru/fr/21/Tesla-Kap.pdf>
20. А.А. Детлов, Б.М. Яворский, Л.Б. Миликовская. Курс физики, т.1, Электричество и магнетизм, издание третье, Москва, изд. "Высшая школа", 1977.
21. Яворский Б.М., Панский А.А. Основы физики. Т.1. Механика. Молекулярная физика. Электродинамика. Москва: Физмат лит, 2003.
22. Исаев С.И., Кожин И.А. и др. Теория теплообмена. Москва, «Высшая школа», 1979 г., 490 стр.
23. Виноградова М.Б., Руденка О.В., Сухаруков А.П. Теория волн. М., изд. "Наука", 1979.

- 24.Т. Капанадзе. Energy Transformer, WO 2008/103130, 2008. См. также "Бес топливный генератор Капанадзэ", Internet.
- 25.Царев В.А. Установка Тариеля Капанадзэ (реконструкция), <http://halerman.narod.ru/TTCG/Kapanadze.htm>
- 26.Практическое руководство по устройствам свободной энергии, Internet, <http://zaryad.com/2011/02/27/prakticheskoe-rukovodstvo-po-ustroys/>
- 27.Беспроводное электричество поразило умы своих создателей, <http://www.membrana.ru/particle/1986>
- 28.Схемы простейших Трансформаторов Тесла, <http://shemalog.narod.ru/pn2.html>
- 29.О.В. Алексеев, А.А. Головков, А.В. Митрофанов, Генераторы высоких и сверхвысоких частот: Учебное пособие, Высшая школа, Москва, 2003г, 257с.
- 30.В. Делямуре, Эфир: от гипотезы к практике. 2007 года
- 31.Плоские генераторы Тесла, <http://www.youtube.com/watch?v=444j9N3G--U>
- 32.Хмельник С.И. Энергетика трансформатора Тесла, первая редакция, Publisherby "MiC", printedin USA, LuluInc., ID 12S14371, Израиль, 2012, ISBN 978-1-105-S040S-1.

Зона	Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		Конденсаторы		
	C1	K73-17 0.22мкФ 400В	1	
	C2,C3	K73-17 0.047мкФ 630В	2	
	C4	CL-21 1.5мкФ 400В	1	
	C5	K50-35 имп. 2200мкФ 35В 105С Jamicon	1	
	C6	K50-35 имп. 2200мкФ 16В 105С Jamicon	1	
	C7	K50-35 имп. 2200мкФ 10В 105С Jamicon	1	
		Предохранители		
	FU1	5x20 5А 250V	1	
		Транзисторы		
	VT1	IRFP044N	1	
	VT2	IRFP460LC/A	1	
		Супрессор		
	VD1	P1.5KE-15CA 15V 1500W	1	
		Дроссели		
	L1,L2	Hetvar L36 S-100mm	2	
		Резисторы		
	R1	МЛТ-2-36 кОм ±10%	1	
	R2	МЛТ-2-2 кОм ±10%	1	
		Диодные моты		
	V1	BR1010	1	
		Диоды		
	VD2-VD5	1N5400		
		Микросхемы		
	DA1	КР142ЕН8Б		
	DA2	КР142ЕН5А		

					16-210100.012.023.003 ПЭ			
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата				
Разраб.	Рябинин В.Е.							
Провер.	Прядилов А.В.							
Реценз.								
Н. Контр.								
Утверд.	Шевцов А.А.							
					Лит.		Лист	Листов
					ТГУ, ЭЛбз-1131			

Катушка Тесла и система
её электропитания

Зона	Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		Конденсаторы		
	C1,C3	K10-17 0.1mF 50V 20%	2	
	C2	K10-17 1mF 50V 20%	1	
		Микросхемы		
	DD1, DD2	NE555	2	
		Резисторы		
	R1,R2	МЛТ-0.25-200 Ом ±10%	2	
	R3,R4	16K1F 100 кОм	2	



					16-210100.012.023.004 ПЭ						
Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата	Катушка Тесла и система её электропитания				Лит.	Лист	Листов
Разраб.	Рябинин В.Е.										
Провер.	Прядилов А.В.										
Реценз.									ТГУ, ЭЛбз-1131		
Н. Контр.											
Утверд.	Шевцов А.А.										