

Муниципальное бюджетное образовательное учреждение
«Гимназия №136» г. Н. Новгорода

Тема

«Генератор факельного разряда на радиолампе 6п45с»

***Сероглазов Даниил Алексеевич**
ученик 7 В класса Гимназии №136
Россия город Нижний Новгород
Кипяткова Светлана Николаевна
учитель физики Гимназии №136
Россия город Нижний Новгород*

Нижний Новгород
2021

Оглавление:

Актуальность:

Цель работы:

Введение

Электрический ток в вакууме

Электронные лампы

Применение

Экспериментальная часть

Заключение

Литература

Актуальность:

У моей бабушки я нашел на чердаке старый ламповый телевизор и я решил узнать, как он там оказался. Оказывается он перестал работать из за того, что одна лампа вышла из строя.

Бабушка разрешила мне его разобрать. Одну радиолампу тетрод бп45с я отнес на радиомоделирование и там на ее основе сделал генератор факельного разряда для того, чтобы понять работу вакуумной лампы.

Сердцем устройства является лучевой тетрод бп45с(радиолампа), который как раз применялся в выходных каскадах строчной развертки телевизионных приемников.

Цель работы:

Собрать установку и понять природу факела.

Задачи:

- 1.Собрать схему.
- 2.Провести эксперимент.
- 3.Сделать выводы о проделанной работе.

ВВЕДЕНИЕ

Электроника и радио почти ровесники. Правда, поначалу радио обходилось без помощи своей сверстницы, но позднее электронные приборы стали материальной основой радио, или, как говорят, его элементарной базой.

Начало электроники можно отнести к 1883 году, когда знаменитый Томас Альфа Эдисон, пытаясь продлить срок службы осветительной лампы с угольной нитью накаливания, ввел в баллон лампы, из которой откачан воздух, металлический электрод.

Именно этот опыт привел Эдисона к его единственному фундаментальному научному открытию, которое легло в основу всех электронных ламп и всей электроники дотранзисторного периода. Открытое им явление впоследствии получило название термоэлектронной эмиссии.

Внешне опыт Эдисона выглядел довольно просто. К выводу электрода и одному из выводов раскаленной электрическим током нити он подсоединил батарею и гальванометр.

Стрелка гальванометра отклонялась всякий раз, когда к электроду подсоединялся плюс батареи, а к нити - минус. Если полярность менялась, то ток в цепи прекращался.

Эдисон обнаружил этот эффект и получил патент на открытие. Правда, работу свою он, как говорится, до ума не довел и физическую картину явления не объяснил. В это время электрон еще не был открыт, а понятие «термоэлектронная эмиссия», естественно, могло появиться лишь после открытия электрона.

Вот в чем ее смысл. В раскаленной металлической нити скорость движения и энергия электронов повышаются настолько, что они отрываются от поверхности нити и свободным потоком устремляются в окружающее ее пространство.

Вырывающиеся из нити электроны можно уподобить ракетам, преодолевшим силу земного притяжения. Если к электроду будет присоединен плюс батареи, то электрическое поле внутри баллона между нитью накаливания и электродом устремит к нему электроны. То есть внутри лампы потечет электрический ток.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК В ВАКУУМЕ

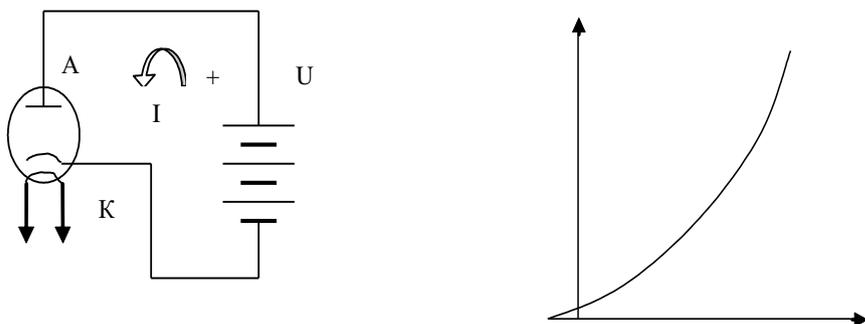
Поток электронов в вакууме является разновидностью электрического тока. Такой электрический ток в вакууме можно получить, если в сосуд, откуда тщательно откачивается воздух, поместить нагреваемый катод, являющийся источником «испаряющихся» электронов, и анод. Между катодом и анодом создается электрическое поле, сообщаящее электронам скорости в определенном направлении.

В электровакуумных приборах для эмиссии электронов используется специальный электрод, называемый катодом. Нагрев осуществляется за счет электрического тока, который пропускает через нить накала, как в электроплитке через спираль. Этот ток называется током накала. В приборах прямого накала сама нить является катодом и эмитирует электроны. В приборах косвенного накала нить подогревается металлический цилиндр, изолированный от нее, который и служит катодом.

Для получения приемлемой эмиссии электронов катоды необходимо нагревать до очень высоких температур порядка 2...3 тысяч градусов. Поэтому нити накала приходится выполнять из тугоплавких металлов, обычно используется вольфрам. Но и вольфрамовая нить накала при такой температуре быстро выходит из строя, так как проволоку абсолютно одинакового сечения по всей длине сделать невозможно. В тех местах, где сечение проволоки чуть меньше, происходит местный перегрев, отчего в этом месте сечение становится еще меньше, а это приводит к еще большему нагреву. Оказалось, что если нанести на поверхность вольфрама тонкий слой окиси или щелочного металла, эмиссия

электронов с такого оксидированного или активированного слоя резко увеличивается. Оксидированный вольфрам при температуре 730 градусов Цельсия обеспечивает такую же эмиссию, как не оксидированный при температуре 1580 градусов Цельсия. Поэтому в электровакуумных приборах за редкими исключениями используются оксидированные катоды. В приборах прямого накала оксидный слой наносится непосредственно на вольфрамовую нить. В приборах косвенного накала оксидный слой наносится на катод, который обычно выполняется из никеля.

Вакуумный диод представляет собой двухэлектродный прибор. Одним из его электродов является катод прямого накала или подогревный. Второй электрод называется анодом. Конструктивно анод обычно выполнен в виде металлического цилиндра, на оси которого расположен катод. Вся система заключена в стеклянный или металлический баллон, из которого откачан воздух до высокой степени вакуума. Выводы подогревателя, катода и анода впаяны в стекло баллона. При металлическом баллоне один из его торцов закрыт стеклянным диском с впаянными выводами, который приварен к баллону. Если на анод подать положительное напряжение относительно катода, электрическое поле в пространстве между анодом и катодом вынуждает электроны из электронного облака двигаться к аноду. Их убыль в электронном облаке покрывается новыми электронами за счет термоэлектронной эмиссии катода. В цепи, соединяющий диод с источником питания, возникает ток, направление которого, как обычно, противоположно направлению потока электронов. Условное графическое обозначение вакуумного диода и его вольт - амперная характеристика показана на рис. 1.



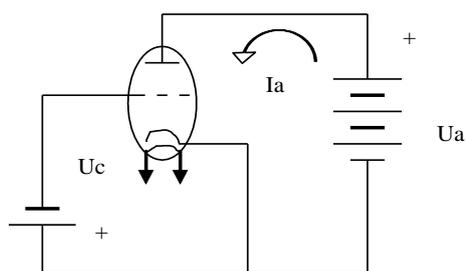
Выводы нити накала показаны стрелками.

Рис. 1. Включение и характеристика диода

При напряжении источника питания, равно нулю (если вывод анод и катод замкнуты внешним проводником), в цепи протекает ток, называемый начальным. Он вызван электронами, начальная скорость которых при вылете из катода достаточно велика. Только при отрицательном напряжении на аноде порядка 0,5В анодный ток полностью прекращается, а при дальнейшем увеличении отрицательного напряжения обратный ток отсутствует.

Вакуумные диоды имеют сравнительно ограниченное применение. Значительно шире область применения трехэлектродных ламп - триодов. Триод отличается от диода наличием третьего электрода - управляющей сетки, которая выполнена в виде проволочной спирали, размещенной в пространстве между катодом и анодом. Если напряжение на сетке относительно катода отрицательное, она будет тормозить движение электронов от катода к аноду, что приведет к уменьшению анодного тока. При достаточно большем минусе на сетке анодный ток может вообще прекратиться. Если же потенциал сетки относительно катода положителен, сетка будет способствовать увеличению анодного тока. При этом часть электронов будет оседать на сетке, образуя сеточный ток, хотя режим использования электронных ламп с сеточным током применяется редко. Таким образом, изменяя потенциал сетки относительно катод, можно управлять анодным током триода, что и послужило причиной названия сетки управляющей.

Рис. 2. Схема включения триода.



Условное графическое обозначение триода показано на рис. 2. Промышленность выпускает широкий ассортимент самых разных триодов, а также двойных триодов с общим и отдельными катодами, которые применялись в различной радиоаппаратуре, еще находясь в эксплуатации.

К параметрам триода относятся: внутреннее сопротивление - отношение приращения анодного напряжения к приращению анодного тока, коэффициент усиления - отношение приращения анодного напряжения к приращению напряжения на сетке, крутизна характеристики анодного тока - отношение приращения анодного тока к приращению напряжения на сетке:

$$R_i = \frac{\Delta U_a}{\Delta I_a}; \mu = \frac{\Delta U_a}{\Delta U_c}; S = \frac{\Delta I_a}{\Delta U_c}.$$

Внутреннее сопротивление R_i измеряется в кОм, крутизна характеристики S - в А/В, коэффициент усиления μ - величина безразмерная.

К предельным эксплуатационным параметрам триодов относятся те же параметры, что и к диодам: минимальное и максимальное напряжения накала, наибольшее допустимое обратное напряжение анода, наибольшее напряжение между катодом и подогревателем, наибольший средний анодный ток, предельная мощность, рассеиваемая анодная, а также дополнительные параметры (наибольшее отрицательное напряжение на сетке и наибольшее сопротивление в цепи сетки). Необходимость ограничения сопротивления в цепи сетки связана с тем, что сетка обычно располагается очень близко к катоду и может им

нагреваться. При этом возможно появление термоэлектронной эмиссии с сетки, которая приводит к обратному сеточному току. Хотя эта эмиссия и обратный ток очень малы, но при большом сопротивлении в цепи сетки ток создает на нем ощутимое падение напряжения, которое может нарушить нормальный режим лампы.

При использовании триодов в схемах, работающих на высокой частоте, приходится учитывать и собственные междуэлектродные емкости лампы: входную емкость между анодом и катодом, а также проходную емкость между анодом и сеткой. Если входная и выходная емкости оказываются подключенными параллельно нагрузкам предыдущего и данного каскадов, что не очень страшно, то проходная емкость может приводить к очень не приятным последствиям. В усилительных схемах слабый сигнал обычно подается на сетку лампы, а на аноде образует усиленный сигнал. Проходная емкость создает путь этому сигналу с анода обратно на сетку, что может привести к самовозбуждению каскада. Это особенно опасно на высокой частоте, когда сравнительно небольшая емкость обладает небольшим емкостным сопротивлением.

Для уменьшения проходной емкости были созданы четырехэлектродные лампы - тетроды (рис. 3).

У такой лампы между управляющей сеткой и анодом располагается экранная сетка, которая заземляется по переменному току конденсатором большой емкости. Благодаря этому проходная емкость уменьшается в сотни и тысячи раз. По постоянному току на экранную сетку подается положительное напряжение, примерно такое же что и на анод. Так эта сетка увеличивает притягивающее поле, которым электроны из электронного облака вынуждаются лететь к аноду, и часть летящих к аноду электронов попадает на нее. Образуется ток экранной сетки, составляющий примерно 10...20% от анодного тока, с чем приходится мириться.

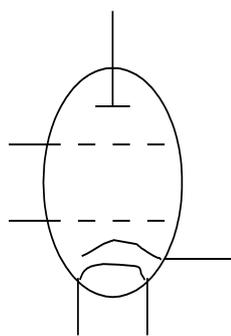


Рис. 3. Четырехэлектронная лампа - тетрод.

Основной недостаток тетрода - динаatronный эффект - состоит в следующем. Электроны на пути от катода к аноду разгоняются до большой скорости. При напряжении на аноде 100 В эта скорость достигает 6000 км/с - в 10000 раз больше скорости пули при вылете из дула винтовки. Ударяясь о поверхность анода, электроны выбивают из него другие, вторичные электроны. Такое явление называется вторичной электронной эмиссией. Если напряжение на экранной сетке больше сетке на аноде, вторичные электроны с анода направляются на экранную сетку. В результате анодный ток уменьшается, а на анодной характеристике тетрода появляется провал.

ЭЛЕКТРОННЫЕ ЛАМПЫ

Для борьбы с динаatronным эффектом в конструкцию тетродов вводят специальные лучеобразующие пластины, которые концентрируют электронный поток на небольшой части поверхности анода, где создается пространственный заряд, препятствующий обратному потоку вторичных электронов на экранную сетку. Такие тетроды называются лучевыми. Другой способ борьбы с динаatronным эффектом состоит в установке еще одной сетки между экранной сеткой и анодом. Она носит название защитной или антидинаatronной сетки и соединяется с катодом внутри или снаружи лампы, для чего имеется отдельный вывод. Такие пятиэлектродные лампы называются пентодами. Антидинаatronная сетка выполняется редкой, на поток быстрых первичных электронов влияния не

оказывает, медленные же вторичные электроны отталкиваются ею обратно на анод.

К многоэлектронным электронным лампам относятся лампы, имеющие более трех сеток, например, гептоды, у которых пять сеток. Гептоды предназначены для преобразования частоты сигнала и содержит две отдельные управляющие сетки. Последовательность расположения сеток при счете от катода следующая: первая сетка является первой управляющей, вторая сетка - экранная, далее следует третья управляющая сетка, за ней еще одна экранная и, наконец, антидинаatronная сетка. Экранные сетки обычно соединены внутри ламп между собой и имеют общий вывод. Вольт - амперные характеристики гептодов такие же, как у пентодов, а наличие экранной сетки между управляющими снижает паразитную емкость между ними. Иногда используется устаревшее название гептода - пентагрид, что в переводе обозначает пять сеток.

ПРИМЕНЕНИЕ

Электронно-лучевой трубкой называется электровакуумный прибор, предназначенный для преобразования электрических сигналов в видимое изображение, или наоборот. Существуют несколько разновидностей электронно-лучевых трубок по их названию: осциллографические, приемные телевизионные, телевизионные передающие и специальные.

Осциллографические трубки относятся к трубкам с электростатическими отклонениями луча. Условное графическое обозначение осциллографической трубки приведено на рис. 4.

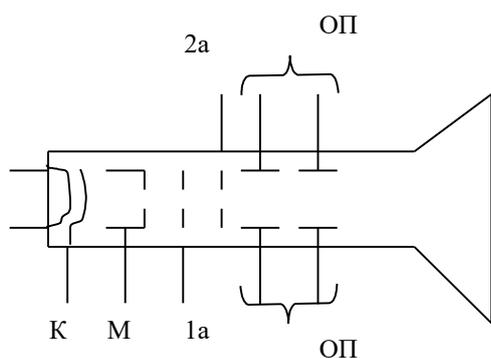


Рис. 4. Обозначение осциллографической электронно-лучевой трубки

Рассмотрим ее устройство. Катод К представляет собой, как обычно, полый цилиндр, но с одним доньшком. Оксидный слой нанесен только на это доньшко, которым катод обращен внутри трубки. Далее установлен управляющий электрод или модулятор М, который выполнен в виде цилиндра с доньшком, в котором имеется отверстие. На модулятор подается отрицательное напряжение относительно катода, которым отталкиваются к оси трубки электроны, вылетающие из катода под углом. Через отверстие в доньшке модулятора проходят лишь те электроны, которые находятся на оси. Модулятор также выполняет функции управляющей сетки: с увеличением отрицательного напряжения интенсивность выходящего из отверстия электронного потока уменьшается и при определенном отрицательном напряжении полностью прекращаются. Такое напряжение называется запирающим.

За модулятором установлен первый анод 1а, который подается относительно катода положительное напряжение. Конфигурация электрического поля в пространстве между модулятором и первым анодом имеет форму линзы. Этим полем осуществляется фокусировка электронного пучка, благодаря которой он приобретает форму спицы. Первый анод выполнен в виде полого цилиндра модулятора диаметром больше, чем диаметр цилиндра модулятора. Изменяя напряжение на первом аноде, можно осуществлять фокусировку электронного пучка. Далее следует второй анод 2а, который является ускоряющим электродом. Он также выполнен в виде полого цилиндра.

Основная часть электронов в пучке, разогнавшись до большой скорости, не попадает на стенки второго анода, а пролетает по его оси. На второй анод подается высокое напряжение, необходимое для придания электронам в пучке большой скорости. Комплект перечисленных электродов трубки (катод с подогревателем, модулятор, первый и второй аноды) образует электронный прожектор или электронную пушку и выполняется в виде жесткого единого узла, собранного на слюдяных пластиках, с использованием керамических цилиндрических изоляторов.

Далее на пути электронного пучка установлены две пары отклоняющих пластин ОП. Средний потенциал отклоняющихся пластин равен потенциалу второго анода и не должен воздействовать на электронный пучок. Но если между пластинами пары имеется напряжение, пучок отклоняется от оси трубки в сторону более положительной пластины. Одна пара пластин расположена вертикально, может отклонять электронный пучок в горизонтальном направлении и называется горизонтально - отклоняющей. Вторая пара пластин расположена горизонтально и называется вертикально - отклоняющей. Пройдя мимо системы отклоняющих пластин, электронный луч попадает на экран Э, покрытый слоем специального вещества, которое называется люминофором. Под воздействием электронной бомбардировки происходит свечение люминофора, наблюдаемое с внешней стороны экрана. В связи с тем, что бомбардировка люминофора, покрытого тонким слоем металла, сопровождается вторичной электронной эмиссией, коническая часть колбы трубки покрыта графитовым слоем (аквадагом) и соединяется со вторым анодом. Вторичные электроны удавливаются аквадагом и образуют ток второго анода.

К приемным электронно-лучевым трубкам относятся черно- белые и цветные кинескопы. Устройство черно-белого кинескопа ничем практически не отличается от устройства трубки с магнитным отклонением луча. В прожектор лишь добавлен ускоряющий электрод между модулятором и первым анодом. Промышленность выпускает самые разные кинескопы с размером экрана по

диагонали от 8 до 67 см. Все современные кинескопы имеют прямоугольный экран с соотношением сторон в пределах 3:4 до 4:5, что примерно соответствует формату телевизионного изображения

Цветные кинескопы содержат три электронных прожектора и экран, покрытый люминофорами трех цветов - красного, синего и зеленого свечения. В настоящее время промышленность выпускает цветные кинескопы двух различных конструкций. У кинескопов с дельтовидным расположением прожекторов они расположены в вершинах треугольника, центр которого находится на оси кинескопа. У кинескопов с планарным расположением прожекторов они расположены в одной плоскости, один находится на оси кинескопа, а два других - по обе стороны от первого.

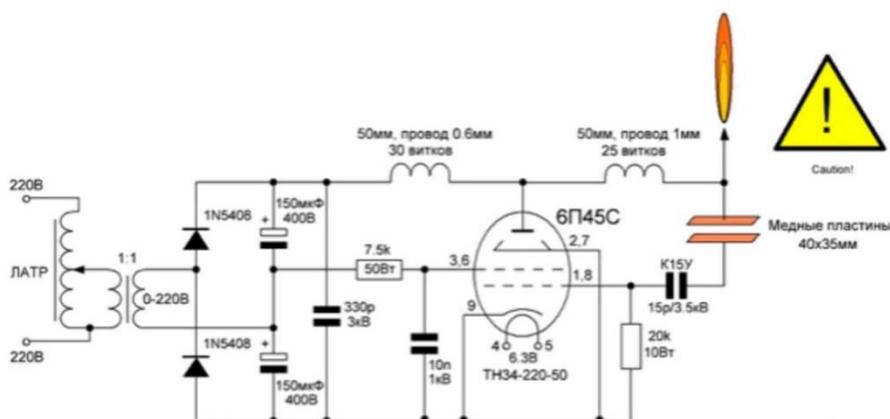
Развитие способов передачи изображений и измерительной техники сопровождалось дальнейшей разработкой и усовершенствованием различных электровакуумных приборов, радиоламп и электронографических приборов для осциллографов, радиолокации и телевидения.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ.

Сборка схемы:

Схема устройства довольно проста и состоит из минимального количества радиоэлементов, которые можно найти на местном радиорынке. Что-то можно достать из старого телевизора, а что-то придется сделать самому. В общем пойдем по порядку.

Генератор факельного разряда на радиолампе 6П45С



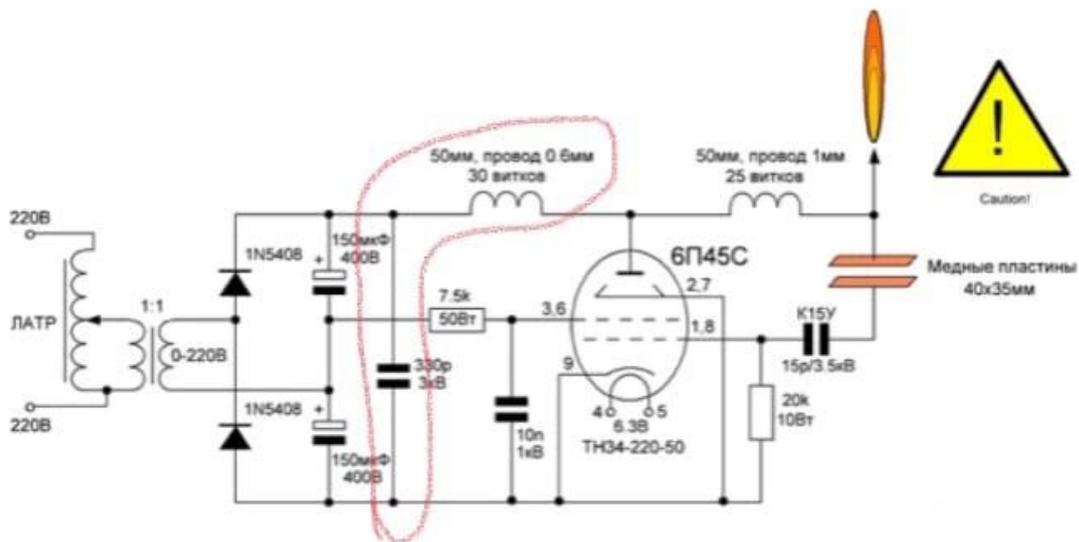
Сердцем устройства является лучевой тетрод 6П45С, который применялся в выходных каскадах строчной развёртки телевизионных приёмников. Чтобы заставить сердце генератора биться, на него нужно подать накальное напряжение в 6.3 вольта с током не менее 2.5 ампер. Для этого прекрасно подойдет накальный трансформатор ТН-5, если найти у него нужную обмотку.

Анодное питание тут обеспечивается за счет удвоителя напряжения, выполненного на паре диодов и конденсаторов, составляет оно 600 вольт.



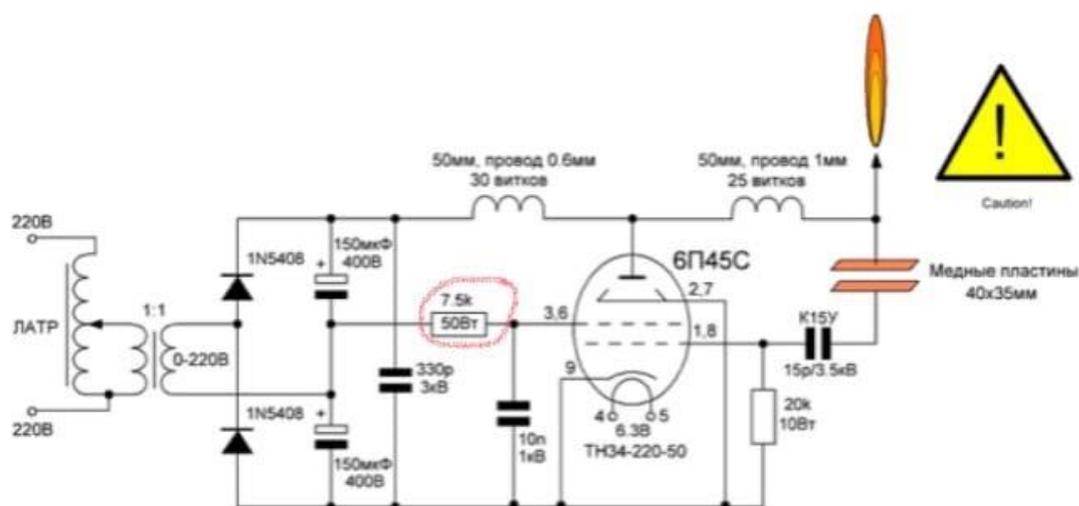
Вся остальная обвязка — это Г-образный фильтр по питанию

Генератор факельного разряда на радиолампе 6П45С



Мощный резистор на 50 Вт, который ограничивает ток и задает напряжение смещения на второй сетке лампы

Генератор факельного разряда на радиолампе 6П45С



И резонансный контур с обратной связью на первую сетку. Эта схема — обыкновенный усилитель, который за счет обратной связи за циклируется и превращается в автогенератор.

Намотка катушек:

Сетевой дроссель и контурная катушка индуктивности мотались на сантехнических трубах диаметром 50 мм. Дроссель имеет 30 витков проводом 0.6 мм, а вот контурная катушка индуктивности имеет 30 витков проводом 1 мм.

Мелочевка:

Нам понадобится разная мелочевка, высоковольтный контурный конденсатор к15у, выключатели, панелька для радиолампы и кусок медной пластины, из которой мы сделаем воздушный переменный конденсатор обратной связи.

Корпус:

Все вышперечисленные детали желательно поместить в какой-нибудь корпус. Я решил сделать самодельный корпус из органического стекла.

Сверлим отверстия под панельку для лампы, и выключателей, затем размещаем все детали и надежно фиксируем.



Эксперимент:

Как и на схеме у нас есть воздушный конденсатор переменной емкости, подкручиваем нижнюю пластину конденсатора, чтоб расстояние между верхней и нижней пластиной составляло 8мм (это оптимальное расстояние чтобы факел был не слишком большим и анод лампы не грелся до красна).

Затем через рубильник подаем питание в 6.3 вольта и смотрим, как оживает сердце теплового электровакуумного прибора.

Прекрасно, накал работает. Ждем, когда лампа прогреется обычно это занимает секунд 30, если лампа будет работать без накала, то срок работы лампы сократиться вдвое.



После прогрева подаем анодное напряжение и дотрагиваемся с помощью отвертки с изолированной ручкой до терминала (так называется конец, где будет факел).



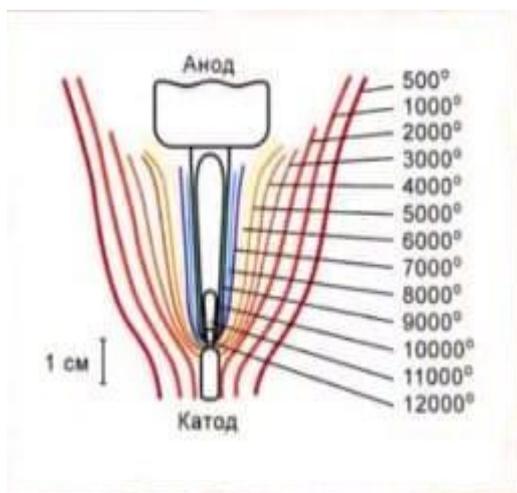
Затем тянем дугу и наблюдаем появление факела, который раз от раза может быть спокойным, а иногда и пускать лучи во все стороны.



В общем рабочая схема выглядит вот так:



Факел в этой схеме возникает за счет высокочастотного электрического разряда, который при нормальном атмосферном давлении напоминает пламя обычной свечи за исключением того, что температура там огромная (плазма как ни как).



ЗАКЛЮЧЕНИЕ:

В этой работе я изучил принцип действия вакуумной лампы, собрал схему генератора факельного разряда, поместив все в прозрачный корпус из органического стекла, с необходимыми компонентами и провел эксперимент, подобрав оптимальное расстояние между пластинами.

При проведении эксперимент я понял, что несмотря на постоянные усовершенствования, лампы не поспевали за новыми техническими требованиями к быстродействию и энергопотреблению, а также создание сложных схем с их участием. Поэтому на смену громоздким и медленным лампам стали приходить полупроводниковые элементы: диоды, транзисторы, тиристоры и др. Хотя в некоторых областях вакуумные лампы применяются до сих пор, например в микроволновых печах используются магнетроны, а кенотроны используются выпрямления и быстрой коммутации большого напряжения (десятки и сотни киловольт) на электрических подстанциях для передачи электроэнергии постоянным током.

Думаю, провести эксперименты с полупроводниками на следующий год.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Батушев В. А. Электронные приборы: Учебник для вузов. — 2-е, перераб. и доп. — М.: Высшая школа, 1980
2. Геворкян Р.Г. Шепель В.В. Курс общей физики. Издательство «Высшая школа». Москва. 1972.
3. Коленко Е. А. Технология лабораторного эксперимента: Справочник. — СПб.: Политехника, 1994.
4. https://youtu.be/HxnZfDQ_CDE