

Measurement of the tube characteristics for a positive grid potential

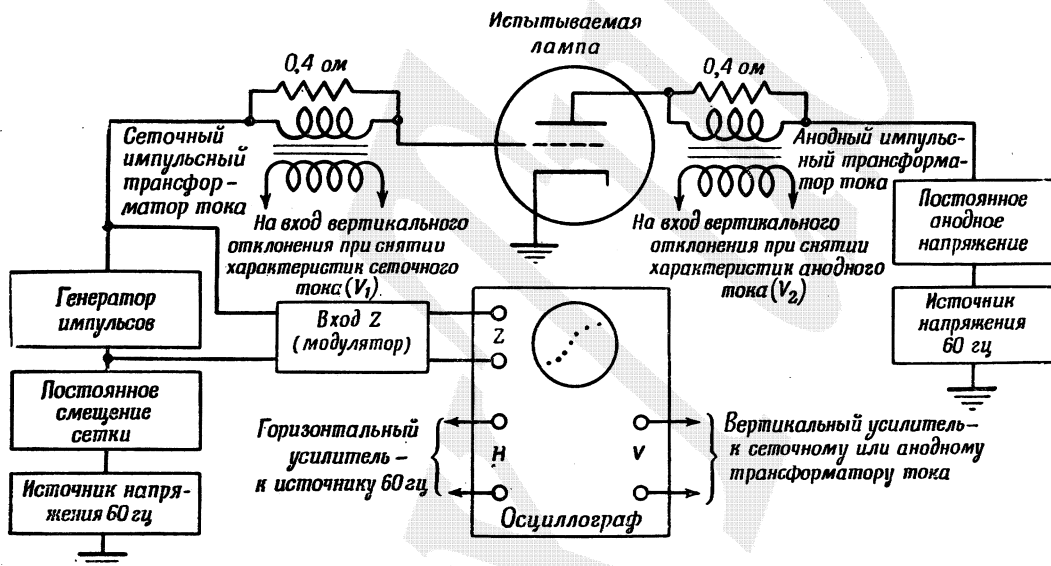
ПРИСТАВКА К ОСЦИЛЛОГРАФУ ДЛЯ СНЯТИЯ ИМПУЛЬСНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛАМП В ОБЛАСТИ ПОЛОЖИТЕЛЬНЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ СЕТКИ

Вагнер

Импульсные характеристики ламп, работающих в области положительных потенциалов сетки при больших мгновенных значениях мощности, обычно бывают необходимы при использовании этих ламп в радиолокационной и телевизионной аппаратуре, однако снятие этих характеристик связано с некоторыми трудностями. Описываемая приставка была разработана в лабораториях «Сигнел корпс

точника, шунтированного значительной емкостью, чтобы амплитуда импульса не зависела от сеточного тока, достигающего иногда в импульсе нескольких ампер. Исследуемая лампа нормально заперта и открывается только на время действия импульса.

Первичные обмотки импульсных трансформаторов тока последовательно включены в цепи тех электродов, ток которых измеряется.



Фиг. 1. Блок-схема прибора для наблюдения на экране осциллографа импульсных характеристик ламп.

инжиниринг» с целью создания удобного прибора для снятия характеристик пальчиковых ламп, работающих в импульсных режимах. Хотя схема предназначалась для работы в области положительных потенциалов сетки, она позволяет исследовать работу ламп как при положительных, так и при отрицательных потенциалах на сетке. Полные характеристики исследуемой лампы наблюдаются на экране большой электронно-лучевой трубки.

На фиг. 1 изображена блок-схема устройства, где исследуемая лампа представлена триодом. На сетку подаются прямоугольные импульсы с малым коэффициентом заполнения. Генератор импульсов должен иметь малое выходное сопротивление и питаться от ис-

Напряжение со вторичных обмоток подается на пластины вертикального отклонения осциллографа. На некоторые электроды, напряжение которых должно изменяться, а также на пластины горизонтального отклонения подается переменное напряжение от сети 60 гц. Трансформатор в анодной цепи исследуемой лампы, питаемый от сети 60 гц, включается при снятии анодных характеристик лампы. Аналогично, трансформатор в сеточной цепи включается для наблюдения сеточных характеристик лампы.

Изменение сеточного напряжения осуществляется путем наложения постоянных по амплитуде сеточных импульсов на верхнюю часть синусоиды напряжения сети 60 гц. Этот способ проще, чем непосредственная модуляция импульсов по амплитуде. Характеристика

лампы изображается на экране осциллографической трубки в виде точек или черточек, соответствующих отдельным импульсам. Генератор импульсов не синхронизирован частотой сети 60 *гц*, так что изображения импульсов попадают на различные участки кривой. Поэтому при подаче на сетку последовательности импульсов получаемая на экране характеристика имеет вид сплошной линии.

Генератор импульсов, подающий на сетку исследуемой лампы положительные импульсы регулируемой амплитуды, показан на полной принципиальной схеме, представленной на фиг. 2. Генератор имеет малое выходное сопротивление, так что его напряжение не зависит от величины сеточного тока, а вершина импульса остается совершенно плоской даже при его значительной ширине.

Генератор импульсов выполнен на искусственной длинной линии с водородным тиратроном. Эта схема выбрана в силу своей простоты и малого выходного сопротивления. Нагрузкой генератора является сопротивление 3,5 *ом*. В этом случае внутреннее сопротивление тиратрона, равное 1 *ом*, составляет значительную долю нагрузки, на которую разряжается формирующая линия.

Величина импульса может достигать 450 *в* при выходном сопротивлении около 2 *ом* (3,5 *ом* параллельно с суммарным сопротивлением линии и тиратрона). С помощью переключателя можно обеспечить меньшее выходное сопротивление при меньшей амплитуде импульса.

Цепь, формирующая импульс, представляет собой пятизвенную искусственную длинную линию, имеющую характеристическое сопротивление 3,3 *ом* и время задержки 3,3 *мксек*. Конденсаторы были подобраны так, чтобы обеспечить требуемую форму импульса.

Время нарастания импульса составляет около 0,7 *мксек*, после чего высота импульса остается практически постоянной в течение примерно 2,5 *мксек*. Затем напряжение спадает к нулю за 2 *мксек*.

Общепринятая схема, заряжающая длинную линию, содержит выпрямитель с регулируемым уровнем постоянного напряжения, зарядный дроссель, выбранный так, чтобы получить резонансную частоту зарядной цепи около 1000 *гц*, и отсекающие диоды. Для поджигания импульсного тиратрона применяется обычный измерительный импульсный генератор с регулируемой частотой повторения импульсов.

В течение приблизительно 2,5 *мксек*, когда напряжение на сетке исследуемой лампы

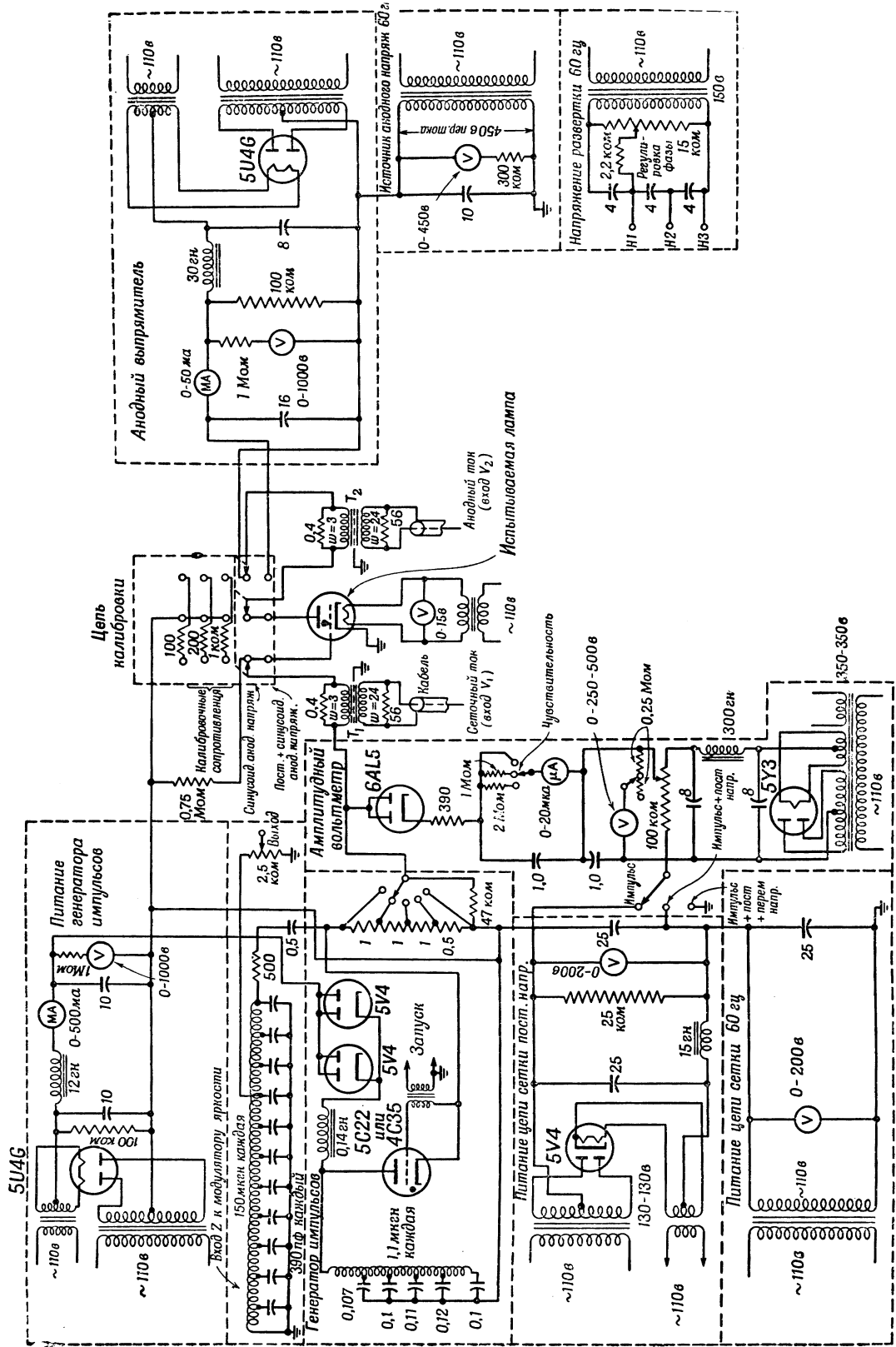
оставается на определенном постоянном уровне, измеряются токи электродов лампы. Следовательно, необходимо исключить из рассмотрения те участки импульсов тока, при которых происходит изменение напряжения импульса вне этого интервала. Это осуществляется модуляцией яркости луча осциллографической трубки. Отпирающий импульс на модулятор (управляющую сетку) трубки подается только на время действия плоской вершины импульса.

Как показано на фиг. 2, напряжение с катодного сопротивления генератора импульсов подается на искусственную длинную линию, короткозамкнутую на конце. Отпирающий импульс на модулятор электронно-лучевой трубки подается с промежуточной точки линии, выбранной таким образом, что начало импульса задержано на требуемое время, а длительность этого импульса, равная 2,5 *мксек*, определяется моментом прихода отраженной волны напряжения от короткозамкнутого конца.

В результате на модуляторе трубки действует прямоугольный импульс, задержанный и укороченный по отношению к импульсу генератора. Отрицательный выброс, следующий за этим импульсом, запирает луч после того, как на экране был прочерчен участок характеристики лампы.

Модуляция яркости луча облегчает требования, предъявляемые к форме импульсов, подаваемых на сетку лампы, исключает постороннюю засветку экрана электронно-лучевой трубки и уменьшает возможность ошибок при анализе полученной кривой. Последнее наиболее важно в той области характеристики, где увеличение напряжения на сетке лампы приводит к уменьшению анодного тока. В этой области до и после действия плоской вершины импульса сеточного напряжения анодный ток увеличивается, что может ввести в заблуждение при снятии кривой.

Токи анода, сетки и других электродов исследуемой лампы можно измерить по вертикальному отклонению луча на экране электронно-лучевой трубки, которое определяется падением напряжения на сопротивлении, включенном последовательно в цепь данного электрода. Эти сопротивления должны быть малы, чтобы избежать заметного снижения напряжения на электроде. Как показано на фиг. 1, эти сопротивления включены параллельно с первичными обмотками трансформаторов тока и их величина составляет 0,4 *ом*. Если сделать сопротивление первичной обмотки равным также 0,4 *ом*, то падение напряже-



Фиг. 2. Полная схема прибора для наблюдения импульсных характеристик ламп.

ния на этом участке цепи составит всего 1 *в* при токе электрода 5 *а*.

Импульсный трансформатор, присоединяемый к входу вертикального отклонения осциллографа, позволяет измерять величину импульсов тока. Эта же величина характеризует и полный ток электрода, так как в паузах между импульсами лампа заперта. Трансформатор позволяет повысить напряжение, подаваемое на вход осциллографа, и изолировать последний от цепей питания. Вторичная обмотка трансформатора соединена с вертикальным входом осциллографа через кабель с сопротивлением 50 *ом*, специально подобранный для данного трансформатора. Анодный и сеточный импульсные трансформаторы тока идентичны.

Отклонение луча по горизонтали должно быть пропорциональным напряжению на исследуемом электроде трубки. Напряжение на электрод и пластины горизонтального отклонения подается от сети 60 *гц*. Фазовращающее устройство, состоящее из потенциометра и конденсаторов (см. фиг. 2), используется для совмещения фаз напряжения развертки и напряжения на электроде. Момент совпадения фаз определяется точно по совпадению характеристик, соответствующих возрастанию и убыванию напряжения на электроде.

Для питания цепи развертки применяется отдельный трансформатор, несмотря на то, что форма кривой напряжения на нем может несколько отличаться от формы напряжения на исследуемом электроде. Отдельный трансформатор более удобен, так как позволяет устанавливать напряжение развертки независимо от напряжения на электроде.

Чтобы получить зависимость анодного тока от анодного напряжения, устанавливается такое значение отрицательного напряжения на сетке V_{c0} , которое обеспечивает запирающие лампы при заданном максимальном анодном напряжении V_a . Факт запирающих ламп устанавливается по миллиамперметру в ее анодной цепи. На анод можно подать либо только переменное напряжение V_a , либо и переменное и постоянное напряжения.

В первом случае потенциал анода изменяется от $-V_a$ до $+V_a$, причем величина V_a измеряется амплитудным вольтметром. Во втором случае амплитуда переменного напряжения равна постоянному напряжению и составляет $V_a/2$, так что потенциал анода изменяется в пределах от нуля до V_a . При питании анода таким пульсирующим напряжением более эффективно используется экран электронно-лучевой трубки. При изменении соотношения ме-

жду переменной и постоянной составляющими верхний и нижний пределы анодного напряжения изменяются, позволяя выделить необходимый участок характеристики и рассмотреть его в увеличенном по горизонтальной оси масштабе.

В схеме имеется амплитудный компенсационный вольтметр, позволяющий устанавливать и измерять величину импульса сеточного напряжения V_c и напряжения генератора. С этой целью устанавливается требуемое напряжение V_c по вольтметру, а затем увеличивается амплитуда импульса до тех пор, пока стрелка микроамперметра, используемого в схеме амплитудного вольтметра, не станет отклоняться. Это означает, что величина импульса стала равной напряжению смещения V_c . На этом регулировка заканчивается.

Затем импульсный трансформатор тока в анодной цепи соединяется с вертикальным входом осциллографа. Вертикальное и горизонтальное усиления устанавливаются таким образом, чтобы получить удобный для наблюдения масштаб характеристики на экране. Регулируя фазу, добиваются совпадения характеристик, получаемых при нарастании и спаде половолны анодного напряжения.

Градуировка шкалы по току достигается установкой заданного напряжения импульса и включением калибровочного сопротивления последовательно с генератором импульсов и первичной обмоткой импульсного трансформатора. Это включение осуществляется ключом, показанным на фиг. 2, который одновременно отсоединяет исследуемую лампу. В случае если вертикальное отклонение выходит за пределы линейной области, следует нанести несколько калибровочных отметок. Калибровка горизонтальной развертки не требуется, так как значения потенциалов, соответствующих крайним точкам горизонтального отклонения, известны, а промежуточные точки можно определить, разделив эту линию на пропорциональные отрезки, поскольку отклонение луча по горизонтальной оси пропорционально напряжению.

Для снятия кривой анодного тока в функции сеточного напряжения необходимо подавать переменное напряжение на сетку при номинальных напряжениях на всех остальных электродах. Если необходимо при измерениях изменять амплитуду импульса на сетке от V_{c1} до V_{c2} , на сетку подается переменное напряжение с частотой 60 *гц* с двойной амплитудой, равной $V_{c2} - V_{c1}$. Амплитуда импульса минус величина сеточного смещения должна

быть равна $0,5(V_{c1} + V_{c2})$, при этом потенциал сетки устанавливается в центре исследуемой области. Чтобы быть уверенным, что при отсутствии импульсов лампа заперта, сеточное смещение должно быть равно или больше напряжения отсечки плюс $0,5(V_{c2} - V_{c1})$.

Для снятия кривой сеточного тока схема настраивается аналогично, за исключением того, что вертикальный вход осциллографа присоединяется не к анодному, а к сеточному трансформатору.

Схема позволяет снимать соответствующие кривые многосеточных ламп, однако при этом необходимо добавить источники напряжения для установления независимых напряжений на различных электродах. Источники могут быть маломощными, так как среднее значение потребляемого тока обычно очень невелико, несмотря на большое амплитудное значение. По описанной методике могут быть сняты характеристики других электродов, кроме сетки и анода, а также характеристики при отрицательном значении потенциала сетки. При снятии характеристик диода его анод присоединяется к выводу для сетки, после чего выполняются те же операции, что и при определении зависимости сеточного тока от сеточного напряжения.

Искажения формы кривой напряжения 60 гц уменьшаются путем введения небольшого сопротивления между вторичной обмоткой каждого трансформатора, задающего на электроды переменное напряжение, и подключенным к этой обмотке конденсатором.

Горизонтальное отклонение луча соответствует оси напряжения и должно быть пропорционально напряжению. Обычная 5-дюймовая

трубка обеспечивает линейность до $1,3\%$, когда отклонение не выходит за пределы половины диаметра трубки. Вертикальный усилитель, позволяющий измерить ток электрода, должен иметь верхнюю граничную частоту не ниже 1 Мгц , чтобы иметь возможность усиливать импульсы тока. Линейность вертикального отклонения менее существенна, так как отсчет производится по калибровочным отметкам. Колебания величины импульса тока составляют всего около 2 ма при полном выходном напряжении.

При больших значениях мощности в импульсе изменения тока лампы при фиксированных напряжениях могут наблюдаться даже в течение времени порядка нескольких микросекунд. У ламп, для которых эти изменения достаточно велики, характеристики на экране трубки имеют неправильную форму, и такие лампы могут найти лишь ограниченное применение в импульсных схемах. Ощутимые изменения тока в пределах одного импульса ясно видны на экране электронно-лучевой трубки. При этом вместо обычной пунктирной линии видны вертикальные штрихи, причем высота этих штрихов пропорциональна изменению тока. Поэтому вместо тонкой линии характеристика изображается толстой линией, причем по толщине можно оценить изменение тока в пределах одного импульса. Степень и характер изменений тока во всем диапазоне изменения напряжений могут быть достаточно подробно определены с помощью синхроскопа. Таким образом, описанная схема служит для быстрого определения области, где имеют место изменения тока за время порядка нескольких микросекунд, и для оценки величины этого эффекта.