НПО УЧЕБНОЙ ТЕХНИКИ «ТУЛАНАУЧПРИБОР»

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ЗАРЯДА ЭЛЕКТРОНА С ПОМОЩЬЮ ДРОБОВОГО ЭФФЕКТА.

ФКЛ-19

ПАСПОРТ.

РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ.

2019 г.

1. Назначение.

Установка предназначена для проведения лабораторных работ по курсу "РАДИОЭЛЕКТРОНИКА", "ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОНИКИ", "ФИЗИКА" в высших учебных заведениях.

Все элементы модуля выполнены в едином настроенном блоке и в процессе эксплуатации не требуют вмешательства пользователя.

Установка выполнена в климатическом исполнении УХЛ, категория 4.2 ГОСТ 15150-69 для эксплуатации в помещении при температуре от 10°С до 35°С и относительной влажности до 80 %.

2. Технические условия и комплектующие.

Напряжение питания	220 В
Потребляемая мощность	не более 50 Вт
Максимальный ток	не более 1,0 А
Условия эксплуатации	температура 10-40 ^{0}С при нормальном атмосферном давлении.

Учебная установка конструктивно состоит из нескольких элементов, объединенных в одном корпусе:

- объекта исследования — шумовой диод 1Ц7С, 2Ц2С либо эквивалентный;
- стабилизированного источника питания, подающего питание нужной полярности и значения на все элементы схемы;
- схемы контроля необходимых параметров, осуществляющей информацию о ходе эксперимента и вывод на экран LCD дисплея.

3. Устройство и принцип работы.

Лабораторная работа выполняется на учебной установке ФКЛ-19. Все параметры эксперимента, установленные и измеренные значения параметров выводятся на ЖКД LCD дисплее прибора.

Принципиальная электрическая схема эксперимента по измерению дробового шума приведена на рис. 3.1

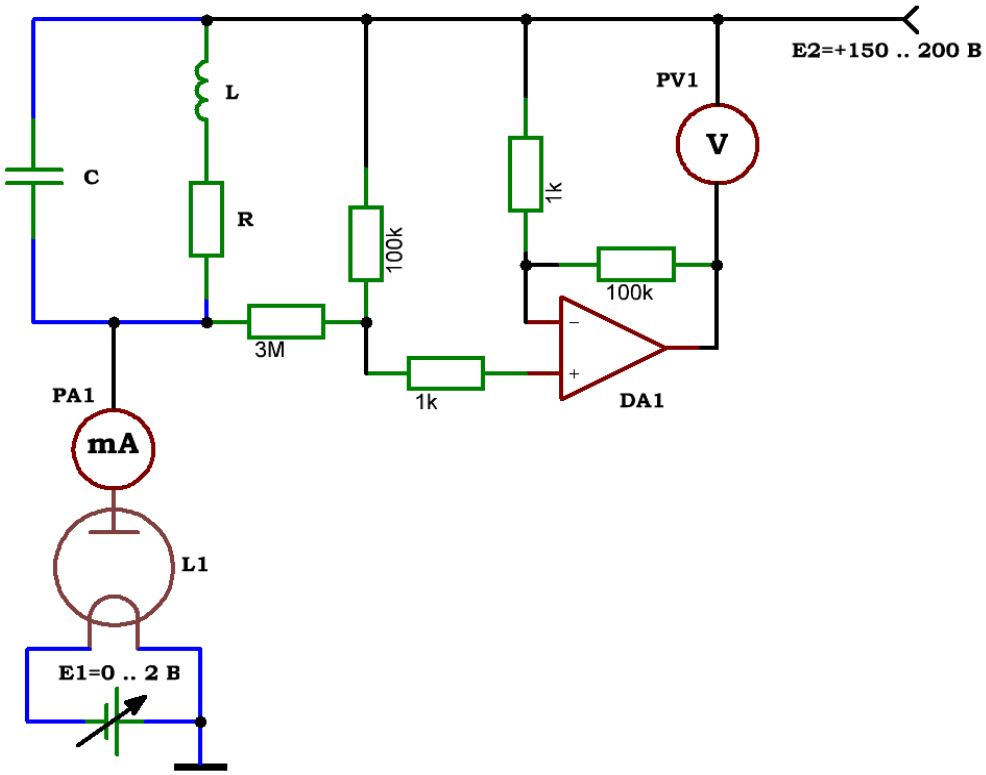

Рис. 3.1. Электрическая схема учебной установки для исследования дробового шума.

В качестве шумового диода L1 могут использоваться диоды 2ДЗБ, 1Ц7С, 2Ц2С и аналогичные, работающие в режиме насыщения. В анодную цепь лампы включён параллельный колебательный контур LC. Активное сопротивление катушки L играет роль резистора R. Конденсатор C непосредственно включён в цепь контура.

Напряжение с конденсатора ***C*** контура поступает на вход усилителя DA1 с некоторым коэффициентом усиления ***K***. Основные требования к усилителю - обеспечить высокое входное сопротивление, чтобы не уменьшать добротность контура (для этого первым каскадом усилителя является катодный повторитель), и существенное ослабление низкочастных промышленных помех (для этого уменьшены емкости двух разделительных конденсаторов внутри усилителя, на схеме не показаны).

Усиленное напряжение поступает на милливольтметр PV1 эффективных значений. Градуировка милливольтметра соответствует эффективным (среднеквадратичным) значениям напряжения $U_{эфф}$. Она не зависит от формы напряжения и справедлива, в частности, для шумового напряжения.

Вакуумный диод работает и режиме насыщения, поэтому величина тока анода диода $\boldsymbol{I}_a$ регулируется изменением тока накала, питаемого от источника E1. На анод диода подано ускоряющее напряжение от источника E2 в пределах 150 … 200 В с тем расчётом, чтобы диод был в режиме насыщения по току анода. Ток анода диода измеряется прибором PA1.

Вакуумный диод имеет конечное внутреннее сопротивление, так как даже в режиме насыщения его ток зависит от напряжения (эффект Шотки). Это сопротивление шунтирует контур, уменьшая его добротность; уменьшение добротности зависит от тока $\boldsymbol{I}_a$. Поэтому добротность $\boldsymbol{Q}$ надо измерять при прохождении через контур тока диода. Добротность $\boldsymbol{Q}$ контура с вакуумным диодом измеряется с помощью схемы рис. 3.2, в которую подключен Генератор Качающейся Частоты (ГКЧ), осциллограф и синхрогенератор.

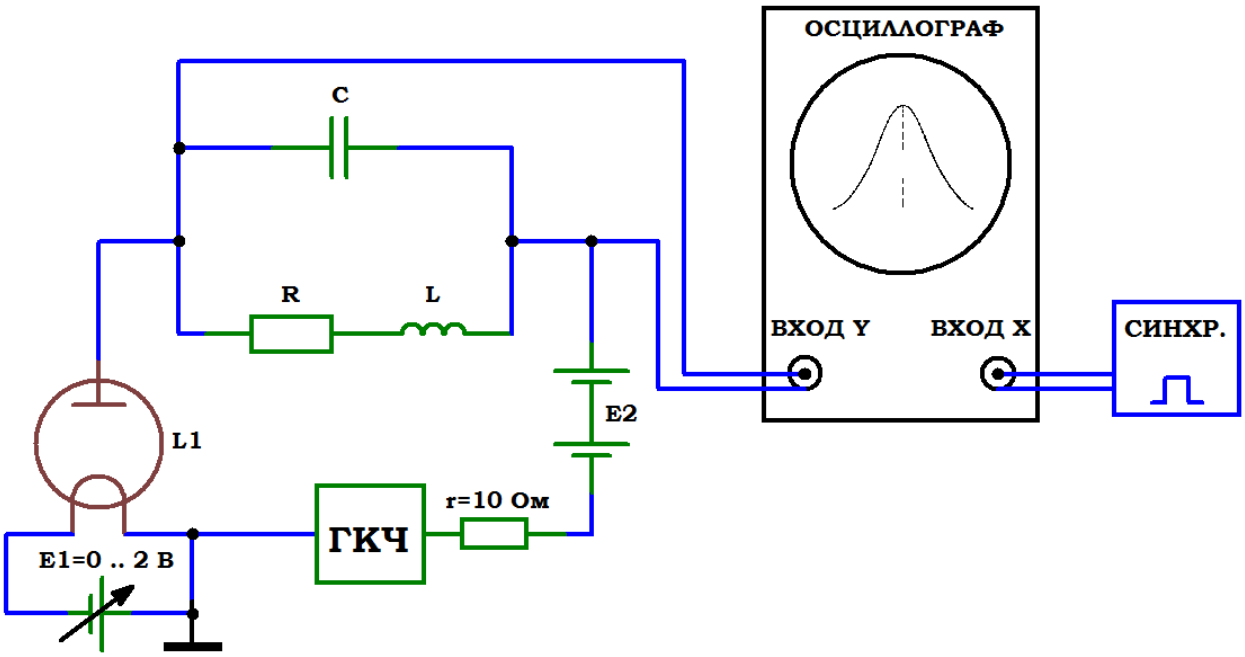

Рис. 3.2. Электрическая схема для снятия АЧХ параллельного контура с вакуумным диодом.

Генератор качающейся частоты - определенный вид генератора сигналов, как правило используемого с осциллографом, в котором частота выходного сигнала не является постоянной. Специальная схема вызывает периодическое изменение частоты выходного сигнала таким образом, что она плавно изменяется в определенном интервале, а затем быстро возвращается к начальному значению. **В это время амплитуда выходного сигнала остается строго постоянной.** В нашем случае частота ГКЧ линейно нарастает со временем $f \sim kt$ в диапазоне 90 … 110 кГц, следовательно время также линейно зависит от частоты: $t \sim \frac{1}{k} \cdot f$.

На вход Y осциллографа поступает сигнал U_c с конденсатора $\boldsymbol{C}$ контура. Сигнал, снимаемый с конденсатора $U_c(t)$ отображается на электронном осциллографе в координатах U_c (по оси Y) и t (по оси X). Так как время

$t \sim \frac{1}{k} \cdot f$, в итоге на экране осциллографа наблюдается кривая $U_c(f)$, повторяющая в некотором масштабе амплитудно-частотную характеристику (АЧХ) контура.

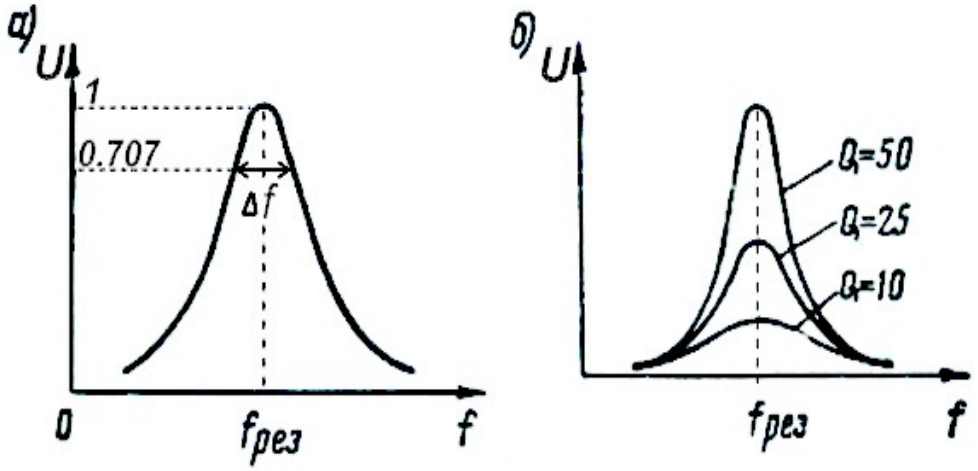

Рис. 3.3. Определение добротности колебательного контура и резонансной частоты $f_{рез}$.

Добротность Q является тем параметром колебательной системы, который определяет ширину резонанса. Обычно вводится понятие ширины резонансной кривой Δf - это диапазон частот, для которых амплитуда напряжения меньше амплитуды напряжения в резонансе не более, чем в $\sqrt{2}$ раз.

Можно показать, что для $\Delta f << f_0$ справедливо соотношение $\Delta f = \frac{f_0}{Q}$ или:

$$Q = \frac{f_0}{\Delta f} \qquad (3.1)$$

По частотной характеристике условно определяется полоса пропускания контура Δf. При этом сделано допущение, что напряжение внутри этой полосы имеет право снижаться до уровня $\frac{1}{\sqrt{2}} = 0{,}707$ от максимального (рис 3.3, рис. 3.4).

Таким образом, определяя ширину резонансной кривой на уровне 0,707·Uмакс., можно также найти добротность контура Q.

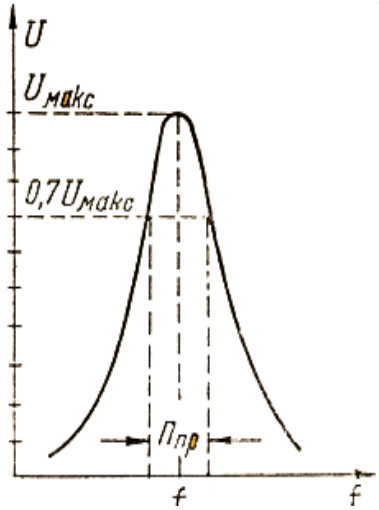

Рис. 3.4. Определение полосы пропускания Ппр=Δf колебательного контура и резонансной частоты $f_{рез}$. Полоса пропускания Δf определяется как ширина резонансной кривой на уровне 0,707·Uмакс.

Чтобы найти коэффициент усиления усилителя ***K***, подают на вход усилителя напряжение от калибровочного источника E3 (рис. 3.5).

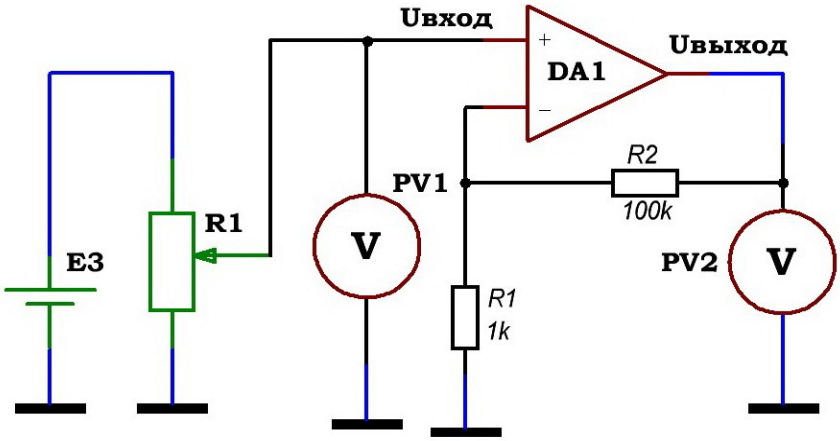

Рис. 3.5. Электрическая схема для калибровки усилителя и определения его коэффициента усиления ***K***.

В данном режиме напряжение на вход усилителя DA подаётся от источника E3 через регулируемый делитель напряжения R1. Входное напряжение измеряется вольтметром PV1, а выходной сигнал вольтметром PV2. Для определения коэффициента усиления ***K*** усилителя необходимо построить амплитудную характеристику усилителя, т. е. зависимость выходного Uвых сигнала от напряжения входа: ***U***вых=***U***вых(Uвх). Пример полученной зависимости приведён на рис. 3.6. Амплитудная характеристика идеального усилителя изображена пунктиром, а реального усилителя сплошной линией.

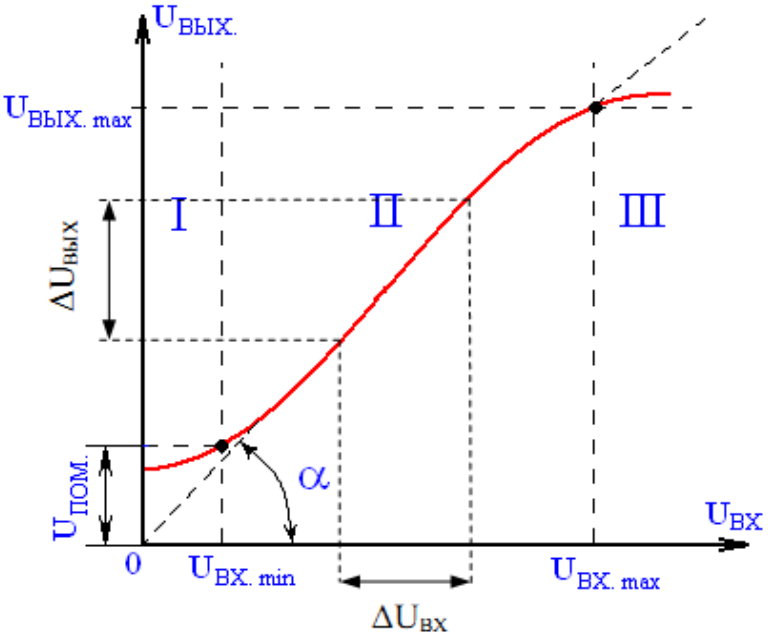

Рис. 3.6. Амплитудная характеристика усилителя и определение его коэффициента усиления ***K*=tg(*α*)** в рабочей области II.

Как видно из рис. 3.6 амплитудная характеристика имеет три участка: два нелинейных (I и III) и линейный участок (II). Первый участок обусловлен влиянием собственных помех усилителя, а третий – нелинейностью характеристик усилительных элементов. Рабочим участком является второй. Он позволяет определить минимальное $U_{BX.\ min}$ и максимальное значение входного сигнала $U_{BX.\ max}$. Отношение входных напряжений $\frac{U_{BXmax}}{U_{BXmin}}$ определяет динамический диапазон усилителя:

$$D_{УС} = 20 \cdot \lg \frac{U_{BXmax}}{U_{BX\,min}} \qquad (3.2)$$

По амплитудной характеристике можно найти напряжение собственных помех $U_{ПОМ.ВЫХ}$ усилителя при $U_{BX} = 0$. Это напряжение представляет сумму напряжений собственных шумов усилительных элементов усилителя, напряжение тепловых шумов резисторов, наводок, пульсаций источника питания (питание от сети).

Коэффициент усиления ***K*** можно определить как тангенс угла наклона амплитудной характеристики в линейной области:

$$K = tg(\alpha) = \frac{\Delta U_{ВЫХ}}{\Delta U_{ВХ}} \qquad (3.3)$$

Справочные данные:

Емкость контура, $C \approx 1{,}25 \cdot 10^{-9}$ Ф

Индуктивность контура, $L \approx 2 \cdot 10^{-3}$ Гн

Активное сопротивление, R≈20 Ом

Резонансная частота контура, $f_{РЕЗ.} \approx 100$ кГц=10^5 Гц

Средний коэффициент усиления малошумящего усилителя, К≈95

Напряжение с выхода ГКЧ фиксированное, 100 мВ=0,1 В

Добротность колебательного контура в зависимости от тока анода:

Средний анодный ток, $\langle I_a \rangle$, А	Добротность контура теоретическая, Q
$8 \cdot 10^{-6}$	60
$24 \cdot 10^{-6}$	55
$66 \cdot 10^{-6}$	50
$172 \cdot 10^{-6}$	48
$418 \cdot 10^{-6}$	43
$1 \cdot 10^{-3}$	40
$2{,}2 \cdot 10^{-3}$	37
$4{,}6 \cdot 10^{-3}$	33
$9{,}6 \cdot 10^{-3}$	27

4. Порядок выполнения.

1. Перед началом работы ознакомится с принципиальной схемой учебной установки, разобраться в назначении ручек, кнопок и измерительных приборов. Проверить целостность сетевого провода. **Категорически запрещается замыкать выходы контрольных точек схемы!**
2. Включить установку в сеть ~220 В. Поставить переключатель «СЕТЬ» на панели учебного модуля в положение «ВКЛ», при этом должен загореться сигнальный индикатор.
3. Дать установке прогреться в течение трех минут.
4. Согласно методическому руководству произвести необходимые измерения и расчеты.
5. По окончании работы отключить установку от сети, поставив переключатель «СЕТЬ» в положение «ВЫКЛ» и вынуть сетевую вилку из розетки.

5. Меры предосторожности.

Несмотря на то, что корпус устройства выполнен из не электропроводящего материала, в установке используется опасное для жизни сетевое напряжение, поэтому работа с установкой требует повышенных мер предосторожности. Запрещается эксплуатация устройства в помещениях с повышенной влажностью. Запрещается включать устройство в сеть в разобранном виде, также запрещена эксплуатация блока со снятой крышкой.

Таким образом, эксплуатация лабораторного модуля является полностью безопасной, при соблюдении обычных мер предосторожности в учебных лабораториях (проверка изоляции соединительных проводов, шнуров и т. п.). Снятие крышки могут производить лишь компетентные сотрудники, т. к. модуль питается переменным сетевым напряжением ~220 В.

6. Гарантийные обязательства

Предприятие-изготовитель НПО Учебной Техники «ТулаНаучПрибор» гарантирует бесперебойную работу установки не менее ***12 месяцев*** с момента передачи изделия заказчику. В случае обнаружения некачественности изделия, не связаннного с почтовыми форс-мажорными обстоятельствами, грузополучатель обязан незамедлительно сообщить поставщику об этом, указав, в чем заключается неисправность.

Гарантия не распространяется на изделия, вышедшие из строя по вине грузополучателя, вследствие включения устройства в сеть с не соответствующим номинальным значениям параметров питающей сети, не обеспечивающим нормальный режим работы устройства.

Гарантийный ремонт не производится, претензии по качеству не принимаются в случаях: а) отсутствие гарантийного талона (паспорта изделия); б) при нарушении пломб, наличии следов вскрытия, попытки вскрытия (например, сорванные шлицы винтов, следы на корпусе, неправильная сборка), проведения предварительного ремонта самим пользователем, внесение изменений в конструкцию, использование принадлежностей, не предусмотренных изготовителем. в) следов термических, либо химических воздействий. г) небрежного технического обслуживания и эксплуатации, попадания посторонних предметов в узлы инструмента или их загрязнения, а так же в случаях эксплуатации изделия с нарушениями указаний технического паспорта, руководства по эксплуатации и дополнений продавца к руководству по эксплуатации.

Гарантия не распространяется: а) на неисправности, возникшие в результате несообщения о первоначальной неисправности; б) на неисправности, возникшие в результате нарушений инструкций и рекомендаций, содержащихся в руководстве по эксплуатации и дополнений продавца к руководству по эксплуатации; в) на изделие, которое подвергалось ремонту и конструктивным изменениям не уполномоченными на то лицами; г) на неисправности, вызванными транспортными повреждениями, небрежным обращением, или плохим уходом, не правильным использованием; д) на детали, являющиеся изнашиваемыми и расходными материалами (в том числе на спектральные лампы, срок службы которых напрямую зависит от частоты включений в времени использования, тем не менее, для проверки целостности и работоспособности ламп дается срок 14 дней); е) на внешние механические повреждения, вызванные эксплуатацией; ж) на такие виды работ, как регулировка, чистка и прочий уход за изделием, оговоренный в руководстве по эксплуатации; з) при использовании изделия не по назначению.

По истечении гарантийного срока, ремонт изделия осуществляется за отдельную плату.

Настоящий паспорт служит основанием для ремонта изделия при обнаружении неисправностях в течение всего гарантийного срока. Претензии по качеству и комплектности продукции принимаются по адресу: Россия, 300001, г. Тула, ул. Степанова, 29-88, НПО ТулаНаучПрибор, Панкову С. Е. Тел. 8-910-585-55-02; e-mail: physexperiment@narod.ru, web-страница: http://www.physexperiment.narod.ru

Производственное Объединение учебной техники «ТулаНаучПрибор»

Заказчик:

_____

« » _____ 20__ г.

Исполнитель:

Панков С. Е._____

« » _____ 20__ г.

Разработано и изготовлено: НПО Учебной Техники «ТулаНаучПрибор», Россия, г. Тула