Лабораторная работа Э-1

**Изучение электроизмерительных приборов**

**Цель работы:** изучить принцип работы и правила использования наиболее распространённых электроизмерительных приборов.

**Принадлежности:** амперметр типа М502, вольтметр типа Э59, М45М, вольтамперметры типа Э504, М502, ваттметр типа Д598, цифровой измерительный прибор В7-16А.

**Теоретическое обоснование**

Экспериментальное сравнение данной величины с другой величиной, принятой за единицу, называется измерением. При изучении электрических и магнитных явлений возникает необходимость измерять такие величины, как сила электрического тока, ЭДС, напряжение, мощность, электрическое сопротивление, электрическая емкость, индуктивность и др. Кроме того, в современной технике и физическом эксперименте широко распространены методы измерения неэлектрических величин путем преобразования их в электрические.

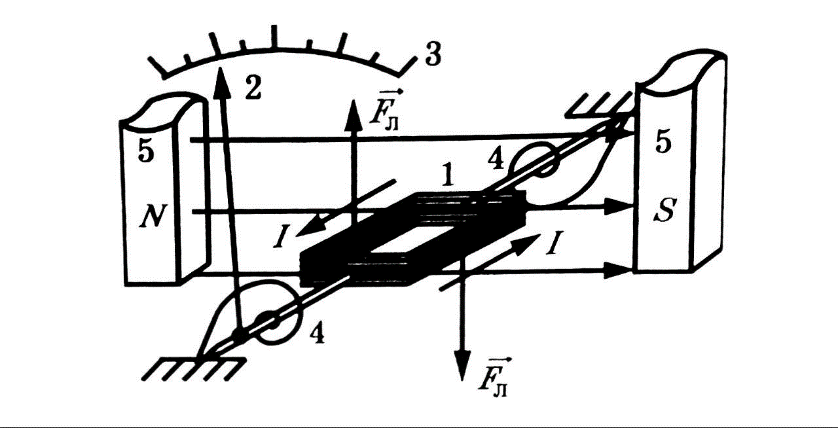
Методы и средства электрических измерений весьма разнообразны. Наиболее распространенными приборами для электрических измерений являются: амперметр, вольтметр, ваттметр, омметр, частотометр и др.

В основу работы измерительных приборов положено действие, производимое электрическим током при прохождении по проводнику. Электрический ток характеризуется магнитным, тепловым и химическим действиями. Каждое из них может быть положено в основу создания электроизмерительного прибора.

Наиболее распространенные электроизмерительные приборы, широко использующиеся в настоящее время, по принципу действия классифицируются следующим образом:

1. Приборы магнитоэлектрической системы.

**Действие приборов магнитоэлектрической системы основано на взаимодействии проводника с током и магнитного поля постоянного магнита.** На рис. 122-1 схематически показано устройство прибора этой системы. Между полюсами подковообразного магнита 5 помещается рамка 1, на которую намотан изолированный проводник. К оси рамки прикреплена стрелка 2, способная при повороте рамки перемещаться по шкале 3, и две спиральные пружинки 4, создающие момент упругих сил и одновременно подводящие ток к рамке.

Рис. 122-1действие приборов магнитоэлектрической системы

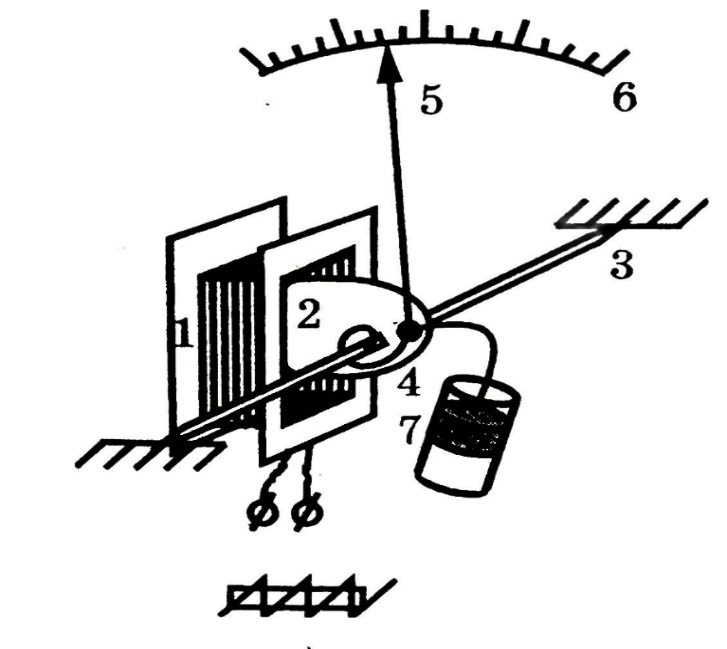
В отсутствие тока плоскость рамки располагается параллельно линиям магнитного поля магнита 5 и стрелка стоит на нуле. Когда прибор включен в цепь и по рамке проходит ток, на ее стороны, перпендикулярные магнитным линиям, действует пара сил Ампера, создающая вращающий момент сил, тем больший, чем больше сила тока в рамке. Эта пара сил поворачивает рамку, стремясь расположить ее плоскость перпендикулярно магнитным линиям, и при этом стрелка перемещается по шкале прибора. Повороту рамки противодействует упругий момент сил, создаваемый спиральными пружинками, тем больший, чем больше угол поворота рамки в магнитном поле. При выключении тока упругий момент сил возвращает стрелку в исходное (нулевое) положение.

Если сила тока превысит максимальную для данного прибора величину, которая указана на нем, то упругая деформация спиральных пружин превратится в пластическую и они уже не смогут возвращать стрелку обратно. Прибор будет безнадежно испорчен. Чтобы этого не случилось, превышать максимально допустимую силу тока (или максимальное напряжение на приборе) нельзя.

Приборы магнитоэлектрической системы предназначены для включения в цепь постоянного тока. Они имеют равномерную шкалу и обладают очень высокой чувствительностью, позволяя измерять токи до 10 ⁻ ¹ ⁴ A. Их обозначение на табло прибора показано на рис. 112-7.

2. Приборы электромагнитной системы.

**Действие приборов электромагнитной системы основано на взаимодействии магнитного поля катушки с током 1 и железного сердечника 2 (рис. 122-3).**

При включении прибора в цепь по виткам катушки 1 проходит ток и внутри неё возникает магнитное поле. При этом сердечник 2 втягивается в катушку тем сильнее, чем больше сила тока в ней. Сердечник крепится к оси 3, с которой соединена спиральная пружина 4, создающая упругий момент сил, противодействующий втягиванию сердечника в катушку. К этой же оси крепится стрелка 5, которая перемещается по шкале 6. Чем больше сила тока в катушке, тем на больший угол отклоняется стрелка от своего нулевого положения.

С сердечником связан также успокоитель колебаний стрелки 7. При выключении тока спиральная пружина возвращает сердечник в исходное положение и стрелка возвращается к нулю.

Если сила тока в катушке или приложенное к ней напряжение превысят максимально допустимую величину, указанную на приборе, то упругий момент спиральной пружинки превратится в пластический и пружинка уже не сможет выполнять свои функции. Прибор будет непоправимо испорчен. Поэтому превышать максимально допустимые величины тока или напряжения нельзя.

Приборы электромагнитной системы предназначены для измерения как постоянных, так и переменных токов, поэтому они могут иметь как равномерную, так и неравномерную шкалы. Поскольку катушка при измерениях остается неподвижной, их можно использовать при измерении токов большой силы. Обозначение приборов электромагнитной системы на их табло показано на рис. 122-3 внизу.

К приборам электромагнитной системы относятся также астатические приборы, в которых две катушки соединены последовательно так, что их магнитные поля анти направлены друг другу, что позволяет исключить влияние посторонних магнитных полей на железный сердечник.

3. Приборы электродинамической системы.

**Действие приборов электродинамической системы основано на взаимодействии двух катушек с током, одна из которых неподвижна, а другая может поворачиваться вокруг своей оси (рис. 122-4).**

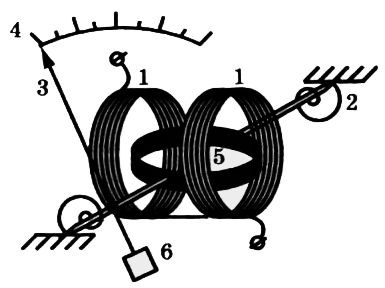
Неподвижная катушка 1 разделена на две одинаковых половинки, между которыми происходит ось прибора. На оси крепятся две спиральные пружины 2 , создающие упругий момент сил , противодействующий повороту подвижной катушки 5 в магнитном поле неподвижной, стрелка 3, перемещающаяся по шкале 4 тем дальше, чем больше сила тока в катушках, и успокоитель колебаний стрелки 6.

Рис. 122-4действие приборов электродинамической системы

При пропускании тока подвижная катушка будет поворачиваться в магнитном поле неподвижной катушки на тем больший угол, чем больше сила тока в а тока в их, стремясь расположиться своей плоскостью перпендикулярно магнитным линиям поля неподвижной катушки. Этому будет противодействовать упругий момент сил, создаваемый спиральными пружинками. Если превысить максимальное значение тока или напряжения, указанное на приборе, то он также будет испорчен из-за потери упругих свойств спиральных пружинок.

Приборы электродинамической системы, как и электромагнитной, позволяют измерить как постоянные, так и переменные токи, так как при изменении тока в цепи ток в обоих катушках одновременно изменяет свое направление на противоположное, поэтому направление вращающего момента сил, действующих на подвижную катушку, не изменяется. При измерениях постоянного тока их шкала равномерна, а переменного – неравномерна.

Следует знать, что при измерениях переменного тока все электроизмерительные показывают его действующее (эффективное) значение (но не мгновенное или максимальное).

Кроме названных в измерительной технике также находят применение измерительные приборы, в которых используются тепловая, индукционная, вибрационная, электростатическая, термоэлектрическая, или детекторная системы.

В последнее время все чаще применяются цифровые измерительные приборы.

В цифровом измерительном приборе показания представляются в виде дискретных чисел на отсчетном устройстве. Преимущества такого представления связаны с уменьшением субъективных ошибок при снятии отсчетов, отсутствием ошибок из-за параллакса и ускорением считывания. Цифровые измерительные приборы содержат встроенные электронные схемы, обычно микропроцессоры, которые позволяют подсоединить дополнительные устройства. Например, некоторые приборы снабжены программой, которая позволяет выполнять основные вычисления, в частности, линеаризовать показания прибора и выводить их на дисплей.

Некоторые приборы содержат различные диагностические устройства, что уменьшает время устранения отказов. Кроме того, большинство современных стендовых приборов имеет внутренние приспособления для калибровки. Калибровка осуществляется с пульта прибора, а значения параметров хранятся в долговременной памяти. В последующие отсчеты вносятся поправки с учетом этих параметров. Многие цифровые приборы снабжены также шиной интерфейса, и могут благодаря этому работать как части больших измерительных систем.

Параметры типичного универсального цифрового измерительного прибора таковы:

- Диапазон входных величин: 20 мВ-1 кВ, 0,2 мА-2 А, 200 Мом;

-Абсолютная погрешность 0,001 – 0,5% от верхнего предела измерений;

-Стабильность 0,002% (за сутки) и 0,008% (за 6 месяцев) от верхнего предела измерений;

-Разрешение ;

-Входные характеристики: сопротивление 10 Мом, ёмкость 40 пФ;

-Время выполнения операции 2 мс-1 с;

-Частота (для переменного напряжения) 100кГц-1 МГц.

Обычно совершенные цифровые приборы могут выбирать необходимый диапазон входной величины автоматически. Небольшие приборы, как правило, имеют индикатор перегрузки, который напоминает оператору о необходимости переключения диапазона. Приборы высокой точности должны иметь входное сопротивление порядка 10 ГОм, чтобы не нагружать измеряемую схему. Время выполнения операции обычно определяется используемым АЦП и включает время восстановления после перегрузки. Разрешение определяет минимальное напряжение, которое может быть зарегистрировано. Например, разрешение 10^-6 означает, что в диапазоне входных напряжений до 1 В можно зарегистрировать 1 мкВ.

**Общие сведения о приборах**

Прежде чем приступить к измерению физической величины, необходимо выбрать прибор нужной системы. Обычно на шкале приборов условными символами обозначается, к какой системе относится тот или иной прибор. Применяются следующие символы.

1. Магнитоэлектрическая система



1. Электромагнитная система
2. Электродинамическая система

Для того чтобы производить электрические измерения, необходимо определить цену деления и чувствительность прибора.

Чувствительностью S электроизмерительного прибора называется отношение линейного или углового перемещения указателя *da* к изменению измеряемой величины *dx*, вызвавшему это перемещение:

**S** .

Размерность чувствительности зависит от характера измеряемой величины (например, чувствительность прибора к току, чувствительность прибора к напряжению и т. д.).

Величина **C** , обратная чувствительности, называется ценой деления прибора. Она определяет значение электрической величины, вызывающей отклонение на одно деление. В общем случае цена деления представляет собой разность значений измеряемой величины для двух соседних меток.

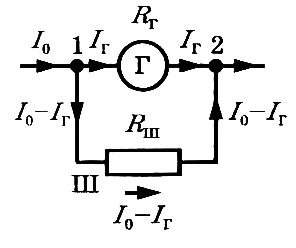
Цена деления зависит от верхнего и нижнего пределов измерения прибора и от числа делений шкалы. Например, шкала прибора рассчитана на измерение напряжения в пределах от 0 до 100 В и имеет 50 делений. Цена деления такого прибора равна **C** , чувствительность **S** .

Чтобы определить показания данного вольтметра, необходимо цену деления *С* умножить на число делений *П,* до которого дошла стрелка:

**V** .

На практике часто применяются многопредельные приборы, электрическую схему которых можно переключать для изменения интервалов измеряемой величины.

В амперметрах изменение пределов достигается включением параллельно прибору различных шунтов, в вольтметрах – включением добавочных сопротивлений.

**Применяются следующие символы и буквенные обозначения:**

прибор измерительный, показывающий ;

прибор измерительный, регистрирующий .

Рассмотрим правила пользования многопредельными приборами на тех приборах, которые наиболее широко используются в лаборатории.

1. Для измерения тока используются амперметры, миллиамперметры, микроамперметры. Для того чтобы отличить эти приборы от других, на шкале имеются соответствующие обозначения *А*, *мА, µА*. Кроме того, для измерения небольших токов используются гальванометры.

Амперметр включается последовательно в измеряемую цепь (рисунок 1.1).

**А**

R

Рис. 1.1Схема включения амперметра.

Для определения величины измеряемого тока необходимо цену деления умножить на число делений, которое показывает прибор. Если в измерительной схеме не указано, каким пределом пользоваться, то сначала (во избежание порчи прибора) необходимо включить прибор на максимальный предел и по показанию определить нужный.

на пределе 150 *мA* *–*  **2 *мA* / *dел***

на пределе 75 *мA* *–*  **1 *мA* / *dел***

на пределе 15 *мA* *–*  **0,2 *мA* / *dел***

на пределе 3 *мA* *–*  **0,04 *мA* / *dел***

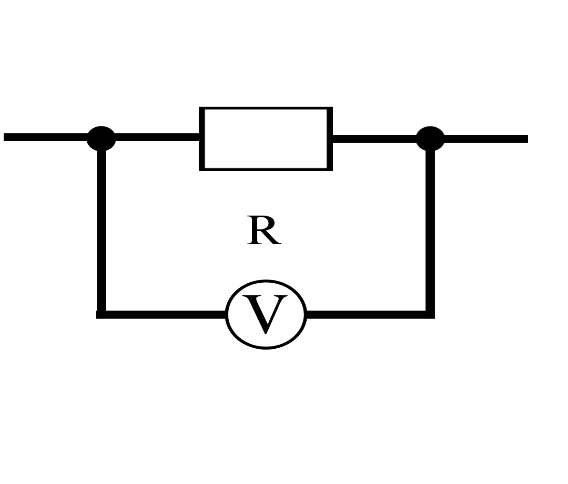
2. Для измерения напряжения в электрических цепях служат вольтметры и милливольтметры. В отличие от амперметров вольтметры имеют большое внутреннее сопротивление и включаются параллельно тому участку цепи, на котором измеряется напряжение. Для отличия вольтметров от других приборов на шкале обычно ставится буква *V* или пишется «вольтметр».

Рисунок 1.2схема включения вольтметра

**Пример:**

Вольтметр типа Э59, прибор электромагнитной системы, имеет 4 предела измерений: 75, 150, 300, 600 В, которые включаются ручкой, расположенной на верху прибора. Вольтметр может включаться как в цепь постоянного, так и в цепь переменного тока, на что указывает обозначение на шкале: . Для определения цены деления для любого предела поступают так же, как и для многопредельных вольтметров.

В практике измерений широко применяются комбинированные приборы, так называемые ампервольтметры.

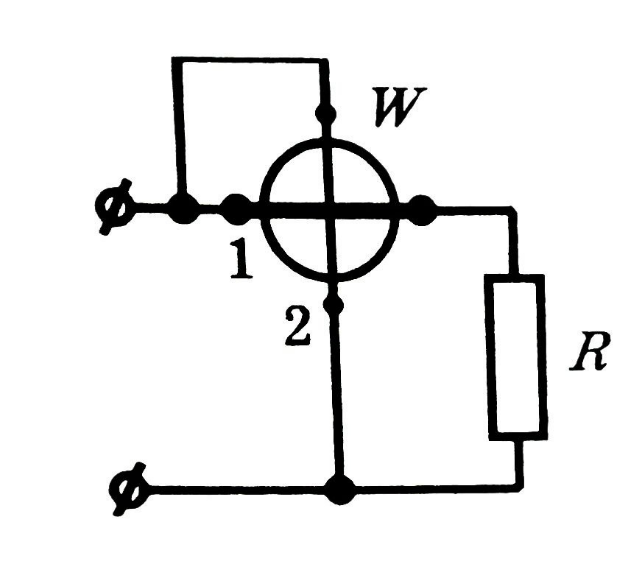
**Пример:**

Ампервольтметр типа Э504, прибор электромагнитной системы может применяться как для измерения токов, так и напряжений.

Для измерения напряжений прибор подключают к клеммам с обозначениями «\*» и *AV*, а переключатель пределов измерения ставят в правое положение, соответствующее выбранному пределу, в соответствии с напряжением измерительной схемы.

Для измерения силы тока прибор подключают к тем же клеммам, только переключатель пределов измерения ставят в левое положение, соответственно выбранному пределу измерений. Цену делений определяют по общему правилу. Кроме того, прибор имеет клемму 30 *А*. При подключении к клеммам «\*» и 30 *А* прибор работает как амперметр с пределом измерения 30 *А* независимо от положения переключателя.

3.Для измерения мощности в цепи используется ваттметр – прибор электродинамической системы.

Рассмотрим принцип действия ваттметра. Он состоит из двух катушек, неподвижной и подвижной. Неподвижная 2 катушка, изготовленная из толстого проводника с малым сопротивлением (на рис. 122-8 она изображена жирным отрезком 1), включается в цепь последовательно измеряемому участку сопротивлением R. Подвижная катушка 2 соединена последовательно с добавочным сопротивлением, благодаря чему её

сопротивление во много раз больше сопротивления неподвижной катушки. На рис. 122-8 она изображена тонким отрезком 2 и включается параллельно измеряемому сопротивлению R. С подвижной катушкой соединена стрелка прибора, которая при повороте подвижной катушки в магнитном поле неподвижной перемещается по шкале, проградуированной в ваттах. Угол поворота подвижной катушки пропорционален как силе тока I в неподвижной катушке, так и напряжению U на измеряемом участке R, т.е. пропорционален(поскольку Р = UI, см. п. мощности тока Р в нем 97).

На корпусе ваттметра имеются четыре клеммы, к которым подведены концы подвижной и неподвижной катушек. Клеммы, которые следует подключить последовательно измеряемому участку, обозначены буквой А, а те, которые надо подключить параллельно, - буквой V.

Для определения цены деления на любом из пределов измерения необходимо указатель тока у токовых клемм умножить на указатель выбранного предела напряжения и разделить на число делений прибора. Например, у токовых клемм прибора сделана надпись 2 А, переключатель напряжения установлен на 150 В, число делений на приборе 75. В данном случае цена деления будет:

**C 4*Bm* / *dел***

Важной характеристикой каждого измерительного прибора является его погрешность. В большинстве случаев для характеристики точности электроизмерительных приборов пользуются приведенной погрешностью .

Приведенной погрешностью называется отношение абсолютной погрешности к предельному значению измеряемой величины , т. е. к наибольшему ее значению, которое может быть измерено по шкале прибора:

*.*

Некоторые условные обозначения на шкалах прибора:

Защита от внешних магнитных полей

Защита от внешних электрических полей

Горизонтальное положение прибора

Вертикальное положение прибора

****Класс точности

Прибор для измерения постоянного тока

в цепи

Прибор для измерения переменного тока

в цепи

Испытательное напряжение изоляции между электрической цепью прибором и корпусом, кВ.

Точность электроизмерительных приборов является главнейшей характеристикой и лежит в основе деления приборов на классы. Согласно ГОСТу, электроизмерительные приборы по степени точности измерения делятся на восемь классов: 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1; 1,5; 2,5; 4,0.

Показатель класса соответствует погрешности измерения в процентах. Приборы с погрешностью более 4% считаются внеклассными. Класс прибора обычно указывается на шкале.

При выполнении измерений различных физических величин очень часто приходится пользоваться другими электрическими приборами, которые не относятся непосредственно к измерительным. Это реостаты, магазины сопротивлений и емкостей и др.

Широко распространенным лабораторным прибором для получения тока различного напряжения является лабораторный автотрансформатор, сокращенно ЛАТР. При помощи шнура и вилки ЛАТР включается в сеть переменного тока, а нужное напряжение снимается с двух зажимов, которые обычно помечаются словом «нагрузка». Для плавного изменения снимаемого напряжения служит ручка, расположенная на верху прибора. ЛАТР обычно снабжается вольтметром, по которому можно определять величину снимаемого напряжения.

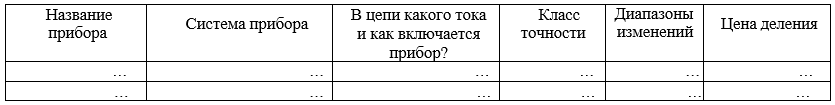
Для плавного изменения сопротивления электрической цепи используются реостаты. Реостат можно использовать и как делитель напряжения – в таком случае реостат называется потенциометром.

Если в цепь необходимо включить известное сопротивление, то применяют магазин сопротивлений. Магазин сопротивлений типа Р32 может изменять сопротивление в диапазоне от 0 до 10 000 Ом. Если необходимо установить сопротивление от 0 до 9 Ом, то прибор включают в цепь через зажимы 0 и 9 Ом, а нужное сопротивление устанавливают при помощи правого нижнего переключателя. При этом цифра переключателя, установленная перед указателем, показывает сопротивление в Ом.

Если необходимо установить сопротивление от 10 до 10 000 Ом, то магазин включают через зажимы 0 и 9999 Ом. Для определения выбранного сопротивления цифры переключателей, установленные перед указателями, умножают соответственно на множители хl, хl0, хl00, х1000 и полученные результаты складывают.

Для изменения емкости в электрических цепях применяются магазины емкостей и батареи конденсаторов. Это, по существу, одинаковые приборы, которые включают в электрическую цепь через два зажима. Величина емкости изменяется переключателем.

**Выполнение задания.**

1.Ознакомиться с электромагнитными приборами, которые используются в лаборатории, и заполнить таблицу 1.1, определяя цену деления на каждом пределе.

2.Начертить схему включения в цепь излучаемых приборов.

**Контрольные вопросы.**

1.Почему амперметр должен обладать малым внутренним сопротивлением, а вольтметр – большим?

2.В чём состоит принцип действия приборов магнитоэлектрической системы и электромагнитной системы? Каковы их функциональные отличия?

3.Что такое предел измерения прибора?

4.Как определяется цена деления шкалы ваттметра?

5.Какое значение переменного напряжения и тока измеряют приборы электромагнитной и электродинамической системы?

6.Что называется действующими напряжением и током?

Лабораторная работа Э2

**Измерение сопротивления при помощи моста Уитсона**

**Цель работы:** изучить метод экспериментального определения величины неизвестного сопротивления.

**Принадлежности:** реохорд, магазин сопротивлений, два искомые сопротивления, выключатель нагрузки, балластное сопротивление, источник постоянного тока, гальванометр.

Способность проводника пропускать электрический ток характеризуется его сопротивлением. Величина его, обозначаемая буквой R, определяется химической природой материала, из которого изготовлен проводник, и его геометрическими размерами.

Для однородного цилиндрического проводника

где *l* – длина проводника; *S* – площадь его поперечного сечения; – коэффициент, зависящий от свойств материала проводника и называемый **удельным сопротивлением**.

Единицей измерения сопротивления служит 1 *Ом*, равный, исходя из закона Ома для участка цепи, сопротивлению такого проводника, в котором при напряжении 1 Вольт течет ток силой 1 Ампер.

Классическим методом определения неизвестного сопротивления является измерение сопротивления при помощи моста постоянного тока, называемого также **методом моста Уитстона**.

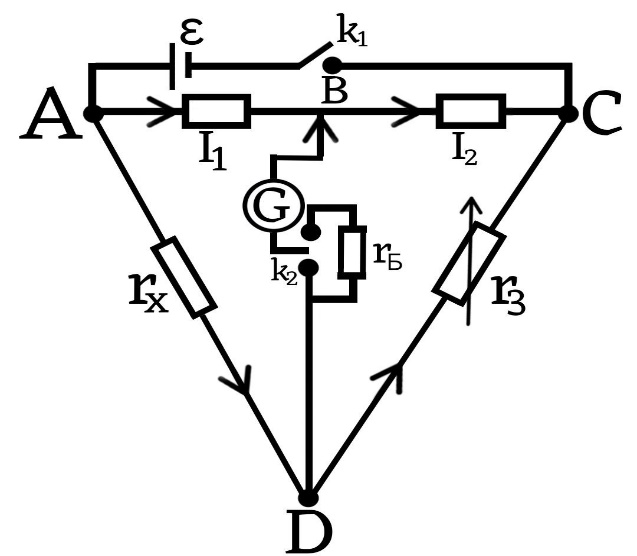
Принципиальная схема этого моста изображена на рисунке 2.1.

Рис. 2.1принципиальная схема моста Уитстона

Мостовая схема состоит из четырех последовательно соединенных сопротивлений, образующих «четырехугольник» АВСD. В одну из диагоналей этого «четырехугольника» - ветвь BD - включает чувствительный гальванометр G, в другую - ветвь АС – источник . Стороны «четырехугольника» называются **плечами моста**. Измеряемое сопротивление включено в плечо AD, в плечо CD включен магазин сопротивлений . Плечи АВ и ВС (сопротивления и ) образованы одним проводником из однородного материала с большим удельным сопротивлением, натянутым на линейку с делениями. Точка В представляет из себя подвижный контакт, который может перемещаться по этому проводнику. Эта часть схемы называется **реохордом**. Во избежание порчи гальванометра при прохождении через диагональ ВD большого тока, возможно подключение балластного сопротивления последовательно с гальванометром.

**Теоретическое обоснование.**

Расчет искомого сопротивления производится на основании двух правил Кирхгофа.

Для определения сопротивления мост приводится в состояние равновесия путем подбора сопротивления на магазине сопротивлений или путем перемещения подвижного контакта В. Равновесие наступает тогда, когда потенциалы точек В и D равны и, следовательно, ток в гальванометре G отсутствует.

**Применяя первое правило Кирхгофа к узлам В и D, соответственно, получим

*.*

Применяя второе правило Кирхгофа к контурам к контурам АВDА и ВСDВ, получим

Разделив уравнение (2.6) на (2.7), получим

Сопротивления и образованы однородным проводником цилиндрического сечения, поэтому, учитывая (2.1), можно отношение сопротивлений заменить на отношение длин плеч на реохорде. Тогда (2.7) примет вид:

, тогда

**Выполнение работы.**

Лабораторная работа выполняется с помощью учебного стенда, на котором собрана вышеописанная мостовая схема. Перед включением в сеть необходимо удостовериться в соответствии соединений на стенде принципиальной схеме, изображенной на рисунке 2.1. В качестве искомого сопротивления в плечо АD включают первое неизвестное сопротивление . Далее измерения проводят в следующем порядке:

1.Подключают стенд к сети переменного тока и замыкают ключ сетевого питания.

2.На магазине сопротивлений все его переключатели устанавливают в положение «0». Ключом k2 включают балластное сопротивление .

3.На магазине сопротивлений при помощи переключателя, обозначенного множителем «х10000», набирают наибольшее значение сопротивления 90000 Ом путем установки в положение «9» и на мгновение замыкают ключ k1. По гальванометру замечают, в какую сторону отклонилась стрелка. Затем постепенно уменьшают сопротивление магазина путем установки переключателя «х10000» в положения «8», «7», «6», и т. д., замыкая после каждого переключения ключ k1 и наблюдая за отклонением стрелки гальванометра.

Внимание! Включать ключ k1 необходимо только на короткое время, так как при этом происходит нагревание всех частей схемы большим током, что вызывает изменение их сопротивления.

4.Уменьшение сопротивления магазина переключателем «х10000» проводят до тех пор, пока отклонение стрелки не будет направлено в обратную сторону. После этого переходят к следующему переключателю магазина сопротивлений, в нашем случае, обозначенным множителем «х1000», и проводят с ним аналогичные действия, т. е., устанавливая сначала в положение «9», а затем, уменьшая, наблюдают за отклонением стрелки гальванометра.

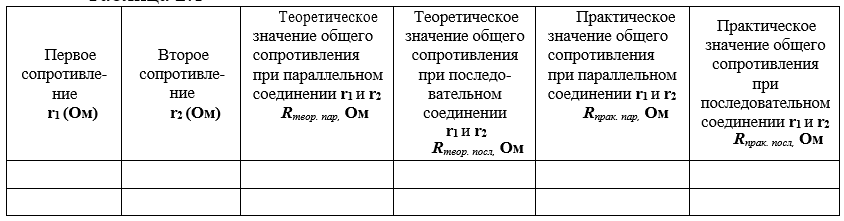
5.Величина отклонения стрелки должна постепенно уменьшаться и, когда эти отклонения не будут выходить за пределы шкалы гальванометра, ключом k2 выключают балластное сопротивление и проводят дальнейший подбор сопротивления r3 на магазине сопротивлений, пока стрелка гальванометра не будет оставаться на нулевом делении при замыкании ключа k1.

6.После приведения моста в состояние равновесия для него справедливо выражение (2.8). Учитывая, что в нашем случае длины плеч на реохорде равны, то = .

7.Далее вместо включают второе неизвестное сопротивление и повторяют измерение согласно п. п. 2–6.

8.Аналогичным образом измеряют сопротивление при последовательном включении и , а потом при их параллельном включении.

Все результаты измерений заносят в таблицу 2.1.

Таблица 2.1.

Делают вывод о выполнении правила о последовательном и параллельном соединении проводников.

**Контрольные вопросы**

1.Сформулируйте первое и второе правило Кирхгофа.

2.Каким образом применяются правила Кирхгофа в схеме моста Уитстона?

3.Почему отношение сопротивления плеч реохорда может быть заменено отношением плеч реохорда?

4.Единица удельного сопротивления в системе СИ?

5.Что такое электродвижущая сила (ЭДС)?

6.Единица ЭДС в системе СИ?

Лабораторная работа Э3

**Определение горизонтальной составляющей индукции магнитного поля Земли**

**Цель работы:** определить горизонтальную составляющую индукции магнитного поля Земли.

**Принадлежности:** тангенс-гальванометр, реостат, выключатель нагрузки, выпрямитель, амперметр.

**Теоретическое обоснование.**

Земля представляет собой огромный шаровой магнит. Вследствие этого в любой точке пространства, окружающего Землю, и на её поверхности обнаруживается магнитное поле. Существование магнитного поля Земли, можно обнаружить с помощью магнитной стрелки.

Зная параметры катушки, можно определить её индуктивность.

**Поток вектора магнитной индукции**

***Ф***,

С другой стороны, поток вектора магнитной индукции, создаваемый одним витком катушки, будет

***Ф***,

где *B* – вектор магнитной индукции.

Общий поток, создаваемый витками,

***ФФ***.

Подставляя выражение в (3.9), получим

***Ф***,

т.к.

тогда

т.е.

****Сравнивая (3.7) и (3.13), получим

,

откуда

где магнитная проницаемость среды, для воздуха (); магнитная постоянная (**Гн/м**); радиус катушки; количество витков катушки.

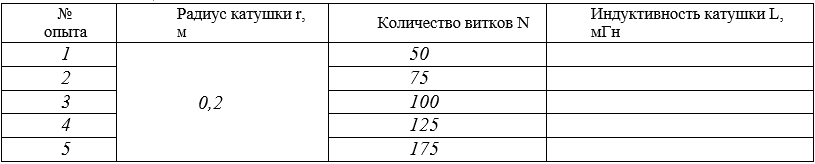
**Выполнение задания.**

**Упражнение 1. Определение индуктивности катушки.**

Как следует из выражение (3.15), индуктивность катушки зависит от радиуса катушки , числа виткови магнитной проницаемости среды .

С помощью масштабной линейки измерьте радиус катушки по формуле (3.15) вычислите значения индуктивности катушки L1, L2, L3, L4, L5 в случаях подключения катушки на клеммы с 50 витков, 75 витков, 100 витков,125 витков и175 витков.

Результаты вычислений занесите в таблицу 3.1.

Таблица 3.1

**Упражнение 2. Определение горизонтальной составляющей индукции магнитного поля Земли.**

Собирают цепь по схеме (рисунок 3.2).

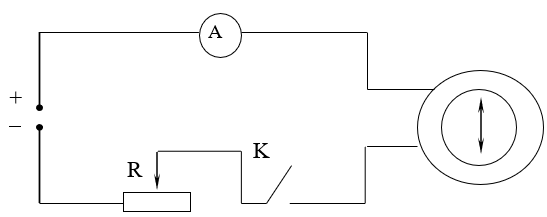
****Амперметр включают последовательно на предел измерения 0,75 А. Поворачивая подставку тангенс-гальванометра, устанавливают витки его катушки в плоскости магнитного меридиана, т. е. добиваются того, что катушка и магнитная стрелка при разомкнутом выключателе нагрузки QW находилась бы в одной плоскости.

Рисунок 3.2Схема исследования горизонтальной составляющей магнитного поля Земли

Поворачивая верхнюю часть барабана, в которую вмонтирована магнитная стрелка, подводят нулевые деления шкалы под концы стрелки.

Включают катушку на 50 витков и замыкают ключ .

В цепи при помощи реостата устанавливают ток **0,15А** и фиксируют угол поворота стрелки.

Затем при помощи реостата устанавливают ток **0,25 А** и **0,4 А**, определяя при этом угол поворота стрелки для данных токов, и по формуле

вычисляют горизонтальную составляющую индукции магнитного поля Земли для всех трех случаев.

Затем аналогичные измерения и вычисления проводят для N75, 100, 125, 175 витков.

По полученным результатам находят среднее значение горизонтальной составляющей индукции магнитного поля Земли. Результаты вычисления сводят в таблицу 3.2.

Таблица 3.2.

**Контрольные вопросы**

1. Дайте определение индукции магнитного поля?

2. Что такое векторное произведение двух векторов?

3. Откуда следует утверждение о перпендикулярности векторов и ?

4. Как направлены линии магнитной индукции земли?

5. Укажите направление вектора магнитной индукции кругового тока?

Лабораторная работа Э8

**Изучение явления резонанса напряжений низкой частоты**

**Цель работы:** изучить явление резонанса в цепи переменного тока низкой частоты.

**Принадлежности:** блок питания, вольтметр, амперметр, ваттметр, катушка индуктивности, магазин электроемкостей, реостат, магазин сопротивлений MPC 55.

Явление резонанса, возникающее в колебательных системах при вынужденных колебаниях, как известно, заключается в резком увеличении амплитуды колебаний. Условием возникновения этого явления является совпадение значений собственной частоты колебательной системы и частоты изменения внешнего воздействия.

В цепи переменного тока, содержащей индуктивность L, емкость С и омическое сопротивление R, возможно создание условий, когда ток в цепи или резко возрастает или, наоборот, убывает. В этом случае говорят о наступлении электрического резонанса.

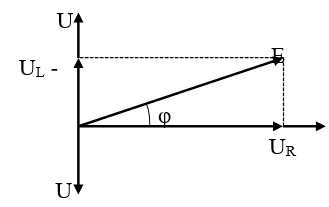
Различают два вида электрического резонанса: резонанс токов, когда ток становится минимальным, и резонанс напряжений, когда ток достигает максимального значения. Для наблюдения резонанса напряжений используется цепь, в которой L, C и R соединяют последовательно, а для наблюдения резонанса токов – параллельно.

В данной работе изучается цепь из последовательно соединенных L, C и R. Эта цепь представляет собой простейшую электрическую колебательную системуколебательный контур. Если эту цепь подключить к сети переменного синусоидального тока, то можно говорить о наличии в данной колебательной системе вынужденных колебаний. Синусоидальный токвызовет на активном сопротивлении падение напряжения , фаза которого совпадает с фазой тока

,

Гдезначение активного сопротивления

На векторной диаграмме (рис. 8.1) вектор, изображающий, нужно отложить по оси тока. Падение напряжения на индуктивности, гдеиндуктивное сопротивление опережает ток по фазе на, поэтому вектро, изображающий, должен быть повернут относительно оси тока на уголпротив часовой стрелки.

Рисунок 8.1Векторная диаграмма RCL цепи

Наконец, падение напряжения на емкости, гдеемкостное сопротивлениеотстает от тока по фазе напо часовой стрелке.

В целях постоянного тока ЭДС равна алгебраической сумме падений напряжений на отдельных участках цепи. В случае переменного тока строят векторную диаграмму и величина синусоидальной ЭДС будет равна геометрической сумме падений напряжений.

Из векторной диаграммы видно, что, или

,

Откуда,

Гдесинусоидальная ЭДС, а называют **полным сопротивлением цепи переменного тока**. Уголназывают **сдвигом фаз между током и ЭДС**. Сдвиг фаз можно найти из соотношения

.

Величинаназывается **реактивным сопротивление цепи переменного тока**. В зависимости от соотношения междуиток может отставать от напряжения по фазепри,, или опережает его по фазепри,. При определенных значениях,иможет оказаться, что. В этом случае изменение тока и напряжения происходит синфазно. Амплитудное значение тока будет наибольшим:.

При этом может оказаться, что падение напряжения на индуктивном и емкостном сопротивлениях во много раз больше, чем значение внешней синусоидальной ЭДС. Но так как UL и UС колеблются в противоположных фазах, то в сумме они равны нулю. Это явление получило название **электрического резонанса напряжений.** Оно характерно тем, что полное сопротивление цепи оказывается частично активным и имеет наименьшую при данных параметрах цепи величину.

Из равенства индуктивного сопротивления емкостному можно найти значение резонансной частоты, следовательно.

Исходя из общего условия наступления резонанса частота внешней вынужденной силы должна совпадать с собственной частотой колебательной системы. В данном случае для наступления резонанса необходимо совпадение значения собственной частоты контура с частотой сети переменного тока. Выполнение условия электрического резонанса может быть достигнуто тремя способами:

1. Изменением частоты переменного тока;
2. Изменением электроемкости;
3. Изменением индуктивности.

В данной работе условие резонанса достигается путем изменения емкости. Если при заданных значениях параметров,иизменять величину, то, измеряя эффективное значение тока в цепи, можно получить зависимость. Графическое изображение этой зависимости называют **резонансной кривой**. Она имеет максимум при значении емкости.

Характер резонансной кривой при заданном значении синусоидальной ЭДС будет зависеть от значения активного сопротивления цепи, т.е.. Чем больше значение, тем менее выраженным будет явление резонанса, т.е. резонансная кривая будет иметь более пологий вид.

**Выполнение задания**

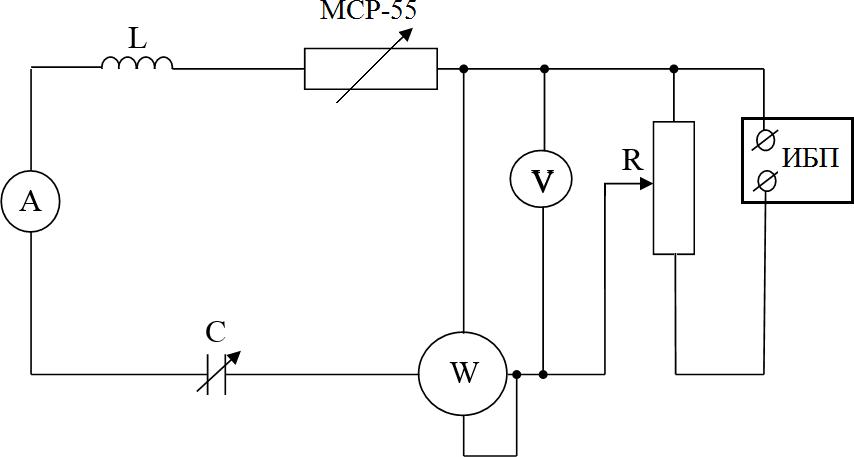
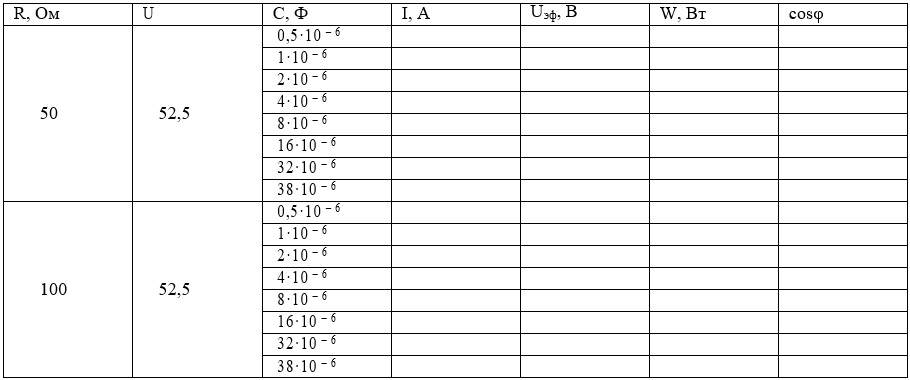
1. Установить приборы на следующие пределы измерений: амперметр на 1А, Ваттметр на 75В, 5А.
2. Собрать схему для снятия резонансной кривой (рис. 8.2).

Рисунок 8.2 – Принципиальная схема для снятия резонансной кривой

1. Установить подвижный контакт реостата в крайнее положение, при котором все его сопротивление включено в цепь.
2. На магазине емкостей выбрать емкость наименьшей величины. Выбор осуществляется путем замыкания соответствующих контактов при вдвигании стержня.
3. Подключить установку к сети переменного тока.
4. При помощи реостата установить напряжение переменного тока, подаваемое на исследуемую цепь, значением 50 В.
5. Изменяя значение емкости на магазине емкостей от минимальной до максимальной, снимают показания амперметра и ваттметра. Полученные данные занести в таблицу.

Таблица

1. Уменьшить значение R наполовину путем установки подвижного контакта в среднее положение и повторить измерения, указанные в п.7. При этом возможно потребуется перейти к большему пределу измерения на амперметре.
2. Построить резонансные кривые на основании полученных данных. Для этого по оси абсцисс откладывают значение емкости, а по оси ординат – величину эффективного тока.
3. Исходя из имеющихся данных, определить значениедля каждого значения емкости и построить кривую, показывающую зависимость cosφ от емкости.

.

Гдезначение мощности по показаниям ваттметра;напряжение переменного тока, подаваемого на исследуемую цепь120В.

На каждом графике стоят две кривые, соответствующие двум значениям активного сопротивления, включенного в цепь.

**Контрольные вопросы**

1. Какие существуют виды электрического резонанса? В каких схемах их можно наблюдать?
2. В чем состоит условие наступления резонанса напряжений? Каким путем может достигаться это условие?
3. При каком числовом значении собственной частоты колебательного контура наступает резонанс в данной работе?

Лабораторная работа Э 5

**ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО ОСЦИЛЛОГРАФА**

**ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО ОСЦИЛЛОГРАФА**

**Цель работы**: изучить функциональное назначение и порядок проведения измерений электронным осциллографом.

**Принадлежности:** электронный осциллограф, генератор синусоидальных сигналов.

**Назначение и устройство**

Осциллограф малогабаритный универсальный С1-73 предназначен для исследования формы электрических сигналов в диапазоне частот от 0 до 5 МГц путем визуального наблюдения и измерения их амплитуд в диапазоне от 0,02 до 120 В. Прибор дает возможность измерять длительность и амплитуду сигналов, наблюдать кривые периодических процессов и фигуры Лиссажу. Осциллограф

предназначен для использования при разработке, настройке и регулировке радиоэлектронной аппаратуры в лабораторных, цеховых и полевых условиях.

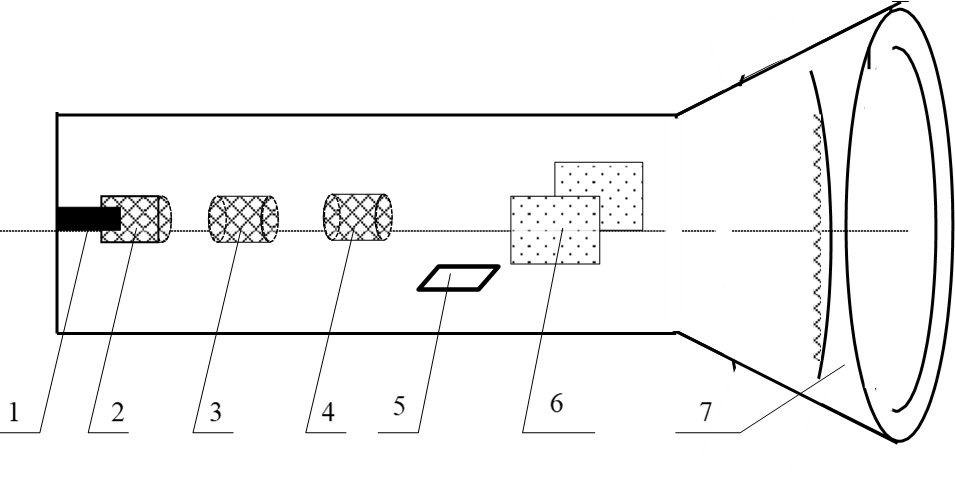
Основной частью осциллографа является электроннолучевая трубка (рисунок 5.1), представляющая собой вакуумную колбу специальной формы.

Рисунок 5.1 – Схема устройства электроннолучевой трубки

Оксидный подогревный катод 1 выполнен в виде цилиндрика, внутри

которого помещен подогреватель. Такое устройство катода позволяет получить узкий пучок электронов, интенсивность которого регулируется при помощи модулятора 2, выполненного в виде цилиндрика. Действие этого цилиндрика аналогично действию сетки электронной лампы: чем больше отрицательное напряжение на модуляторе, тем меньше электронов пройдет через отверстие его цилиндра. Кроме того, модулятор фокусирует электронный луч.

Однако для получения наибольшей резкости изображения на экране трубки необходимо сфокусировать электронный пучок в одну точку. Для обеспечения такой фокусировки в электроннолучевой трубке имеются два анода 3 и 4, представляющие собой цилиндры, к которым приложены положительные напряжения. Электрические поля анодов действуют на электронный пучок как электронно-оптическая система линз. Путем изменения напряжения между обоими цилиндрами можно регулировать степень фокусировки пучка.

Сфокусированный электронный пучок направляется вдоль трубки по оси в направлении экрана. Для ускорения движения электронов в трубке имеется третий анод 7. Он выполнен в виде кольцеобразного слоя металла,

нанесенного на внутреннюю поверхность расширенной части колбы. На него подается положительное напряжение с потенциалом более высоким, чем на втором аноде. Экран трубки покрыт специальным люминесцирующим материалом, поэтому попадающий на него электронный луч вызывает появление светового пятна.

Во избежание прогорания экрана при сильной бомбардировке одного и того же места в течение длительного промежутка времени не следует делать пятно слишком ярким и оставлять сфокусированное пятно неподвижным.

По пути к экрану электронный луч проходит между двумя парами плоских пластин 5 и 6, из которых одна расположена горизонтально, а вторая – вертикально. Если к пластинам не приложено электрическое поле, влияющее на направление электронного пучка, то пятно образуется в центре экрана. При прохождении же пучка электронов между разноименно заряженными пластинами он будет отклоняться в сторону положительно заряженной пластины. Если поменять полярность пластин, пучок отклонится в противоположную сторону, т. е. снова к положительной пластине. Скорость, с которой электроны влетают в пространство между пластинами, велика, поэтому они не падают на пластину, а только меняют траекторию движения. Регулируя величину приложенного к пластине напряжения, можно менять величину отклонения луча. Пластины 5, расположенные горизонтально, отклоняют электронный луч вверх или вниз, т. е. по вертикали (ось Y), и называют **вертикально отклоняющими.** Пластины 6, расположенные вертикально, отклоняют электронный луч влево или вправо (ось Х) и называют **горизонтально отклоняющими**.

Величина отклонения электронного луча по оси Х или Y прямо пропорционально величине отклоняющего напряжения

и

где Х и Y – величины отклонения по соответствующей оси (в мм); kx и kу – величины чувствительности трубки, показывающие на сколько мм сдвинется световое пятно по соответствующей оси от первоначального положения, если напряжение на пластинах изменится на 1 В; U – напряжение на пластинах.

Если на пластины подано переменное напряжение, то электроны находятся под действием переменной силы, и электронный луч чертит на экране линию (рис. 5.2 а).

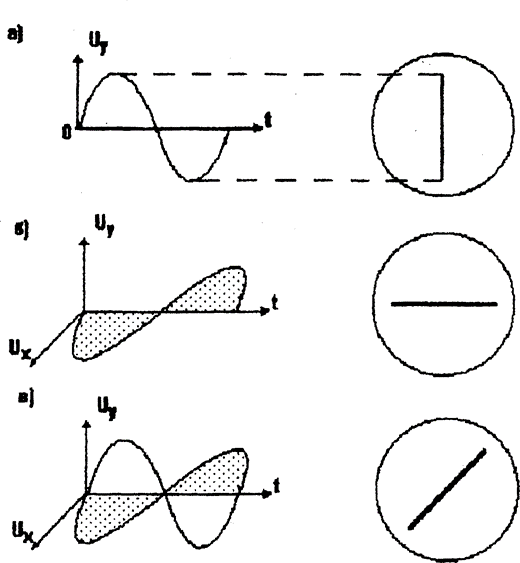


Рисунок 5.2 – Вид линий на экране осциллографа при подаче переменного напряжения: а) на пластины у; б) на пластины х; в) одновременно

на пластины у и х

На рисунке показано положение линий на экране, при котором переменное синусоидальное напряжение подано только на пластины Y (рис. 5.2 а), только на пластины Х (рис. 5.2 б), и одновременно на обе пластины (рис. 5.2 в). В последнем случае происходит сложение взаимно перпендикулярных колебаний с одинаковыми периодами при разности фаз, равной нулю. По величине горизонтальной и вертикальной полосок можно определить амплитудное значение переменного напряжения, поданного на оси Х или Y.

Однако для излучения электрического процесса простого измерения напряжения недостаточно. Часто бывает необходимо знать, по какому закону меняется исследуемое напряжение во времени, т. е получить его временную развертку. Для того чтобы обеспечить отклонение электронного луча по оси Х в зависимости от времени, необходимо получить такое электрическое напряжение, которое бы равномерно нарастало или убывало в зависимости от времени (т. е. в определенном масштабе выражало бы само время), и подать его на горизонтально отклоняющие пластины. Кроме того, напряжение должно быть таким, чтобы светлое пятно на экране трубки перемещалось по оси Х от левого до правого края экрана с постоянной скоростью (пропорционально времени).

Если светлое пятно в тот момент, когда оно дойдет до правого края экрана, возвратить быстро на левый край для совершения того же движения и повторять этот процесс с достаточно высокой скоростью, то на экране будет получаться прямая линия, линейный масштаб которой соответствует определенному промежутку времени. Таким образом, время развертывается в отрезок прямой оси Х. Такой процесс называется **разверткой**. Напряжение, определяющее время в определенном масштабе, называется **развертывающим** напряжением, а источник такого напряжения – **генератором** **развертки**. Чаще всего в качестве развертывающего напряжения используется пилообразное напряжение (рис. 5.3), подаваемое на горизонтально отклоняющие пластины.

Если при этом подать на вертикально отклоняющие пластины переменное напряжение, которое мы хотим исследовать, то произойдет сложение колебаний, в результате которого на экране будет «нарисована» кривая, показывающая зависимость исследуемого напряжения от времени. На рисунке 5.4 сложение этих колебаний показано графически.

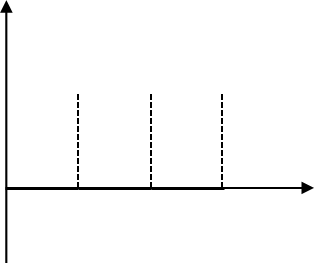
 U

Рисунок 5.3 – Пилообразное напряжение, подаваемое в качестве развёртывающего напряжения на пластины электронно-лучевой трубки

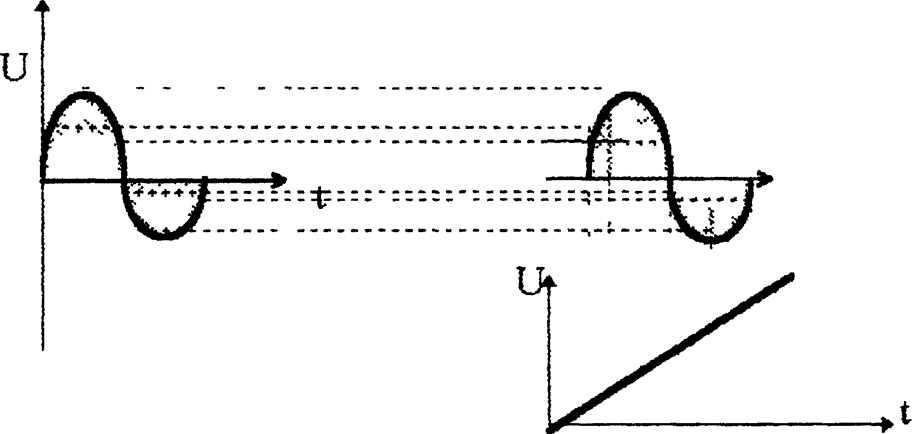


Рисунок 5.4 – Сложение колебаний развертки и исследуемого сигнала

Синусоида слева изображает исследуемое напряжение, прямая линия справа внизу – напряжение, снимаемое с генератора развертки, а синусоида справа вверху – картину, получаемую на экране осциллографа.

Для того чтобы изображение на экране осциллографа было неподвижным, необходимо точное равенство или пропорциональность частот развертки и исследуемого сигнала. Если такого соответствия частот нет, изображение будет перемещаться по экрану влево или вправо.

Устройство генератора развертки позволяет плавно регулировать частоту генератора развертки. Плавное изменение частоты генератора развертки производится ручкой 8а. Скачкообразное изменение частоты – ручкой 8. Каждое фиксированное положение отмечено цифрой, обозначающей длительность импульсов развертки в мкс/дел. Диапазон генерируемых частот от 10 Гц до 5 МГц. Однако частота вырабатываемого генератором напряжения недостаточно стабильна, поэтому изображение на экране не будет устойчивым. Для устранения этого недостатка и получения устойчивого неподвижного изображения генератор развертки необходимо синхронизировать (согласовать во времени) с частотой исследуемого напряжения. Частоту генератора развертки можно синхронизировать частотой исследуемого сигнала (внутренняя синхронизация) или путем подачи синхронизирующего напряжения от внешнего источника (внешняя синхронизация).

Вид синхронизации устанавливается при помощи переключателя

«синхр.», находящегося на правой боковой панели осциллографа (рисунок 5.5).

При включении тумблера «синхр.» в положение « » запускающий сигнал поступает на вход схемы синхронизации с усилителем Y. При

включении тумблера « синхр. » в положение « » синхронизация осуществляется внешним сигналом, который следует подать на гнездо «1:1» или «1:10».

Для получения устойчивой синхронизации внешний сигнал должен зависеть от исследуемого сигнала. Внешний сигнал слишком мал или содержит составляющие, нежелательные для синхронизации, либо когда нужно запустить генератор развертки опережающим сигналом. Сигнал синхронизации, подаваемый на гнездо «1:10», ослабляется в 10 раз.

Переключатель «синхр.» выбирает режим запуска схемы и полярность запускающего сигнала. При исследовании положительной части импульса переключатель «синхр.» ставится в положение «.+ ~» или «+ ~». При исследовании отрицательной части импульса – в положение «– ~» или «– ~».

В положении переключателя «~» постоянная составляющая запускающего сигнала не поступает на вход схемы синхронизации, при этом ослабляются сигналы с частотой ниже 50 Гц.

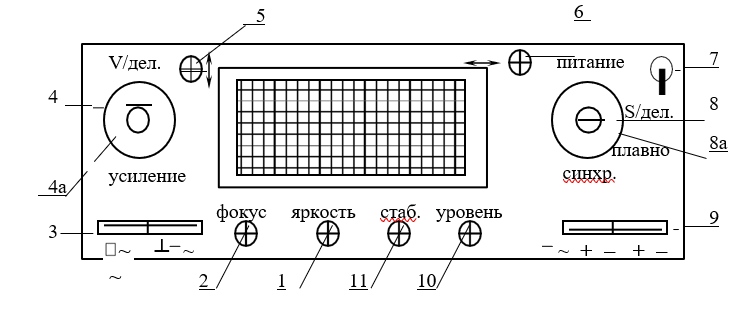
В положении «~» обеспечивается устойчивая синхронизация низкочастотными сигналами с частотой до 50 Гц или сигналами с малой частотой повторения.

Рисунок 5.5 – Вид передней панели осциллографа и расположение ручки

Управления

Ручкой «уровень» можно обеспечить запуск схемы синхронизации на любом уровне запускающего сигнала. Этой ручкой выбирается точка на запускающем сигнале, с которой синхронизируется развертка. Прежде чем установить ручку «уровень», выберите источник синхронизирующего сигнала, режим запуска схемы синхронизации и полярность запускающего сигнала. Для нахождения точки, в которой синхронизируется развертка, поверните ручку «уровень» влево до упора, затем медленно вращайте ручку «стаб.» до начала срыва развертки (ждущий режим). Вращая ручку «уровень» вправо до появления развертки, установите необходимую точку синхронизации развертки.

Управление электронным лучом осуществляется при помощи ручек, расположенных в нижней части лицевой панели.

1.Регулировка яркости луча производится ручкой 1 «яркость» (рис. 5.5). При крайнем левом положении этой ручки световое пятно на экране не видно, а при крайнем правом – яркость наибольшая.

2.Фокусировка луча проводится ручкой 2 «фокус 2». Эта регулировка дает возможность установить наибольшую четкость изображения на экране.

3.Смещение светового пятна (изображения) в вертикальном направлении осуществляется при помощи ручки 5. При вращении ее влево пятно перемещается вверх, а при вращении вправо - вниз.



Рисунок 5.6. – Левая панель входного сигнала и регулировка

осциллографа

4.При вращении ручки 6 « ↔ » пятно перемещается влево, а при вращении ручки вправо-вправо. Эта регулировка дает возможность перемещать изображение по горизонтали.

Исследуемое напряжение подается на гнездо « Y », расположенное на левой боковой панели осциллографа (рис. 5.6). Для установления величины исследуемого напряжения, удобного для наблюдения на экране ЭЛТ, предусмотрены ручки управления 4 и 4а «усилие». Переключатель 4 предназначен для скачкообразной регулировки, а 4а – для плавной регулировки. Вращение переключателя 4 слева направо дает возможность увеличивать амплитуду напряжения на вертикально отклоняющих пластинах, а вращение справа налево – уменьшить ее. Максимальное напряжение, которое может быть подано на гнездо «Y » прибора, 220 В. Каждое фиксированное положение переключателя 4 обозначено цифрами, обозначающими величину напряжения, измеряемую в V/дел.

При помощи ручки 10 «уровень» можно установить устойчивое изображение на экране ЭЛТ.

**Выполнение задания**

1.Подсоедините осциллограф кабелем питания к сети ~220 В.

2.Включите тумблер 7 «Питание» на передней панели осциллографа. При этом должна загореться сигнальная лампочка. Дайте осциллографу прогреться в течение 2 – 3 минут. Приступайте к измерениям.

**Задание 1. Измерение полного размаха переменного напряжение**

**** 1.Подайте исследуемый сигнал на гнездо «**Y IMΩ 35pF** » » усилителя Y.

2.Установите переключатель **« V/дел.** » так, чтобы исследуемый сигнал на экране ЭЛТ занимал около 5 делений.

3.Установите переключатель « » в положение «».

4.Установите устойчивое изображение с помощью ручки «уровень». Переключите «mS/дел., S/дел.» установите так, чтобы на экране наблюдалось несколько периодов исследуемого сигнала.

5.Установите ручку « » так, чтобы нижний уровень сигнала совпадал с одной из нижних линий сетки, а верхний уровень находился в пределах рабочей части экрана. Ручкой «↔» сместите изображение таким образом, чтобы верхний уровень находился на центральной вертикальной (градуированной) линии (рис. 5.7). Максимум расположен на градуированной вертикали.

6.Определите расстояние в делениях между контрольной линией и точкой на линии сигнала, в которой нужно измерять напряжение.

Например, измерение производится между контрольной линией и точкой А (рис. 5.8)

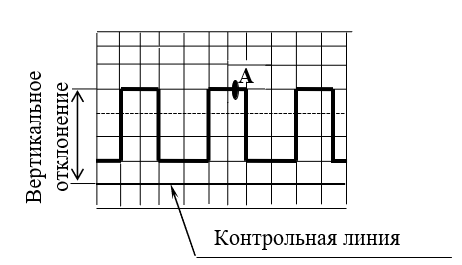


Рисунок 5.8 – Прямоугольная форма импульсов на экране осциллографа

7.Умножьте полученный размер в делениях на коэффициент усиления. Следует также учитывать коэффициент ослабления выносного делителя, если он используется.

Пример. Допустим, что измеренное расстояние составляет 4 деления (рис. 5.8), сигнал положительной полярности (изображение находится выше контрольной линии). Переключатель «V/дел.» находится в положении «2». При измерении используется делитель напряжения 1:10. Измеренное мгновенное значение напряжения будет: 4дел. 2В/дел. 10 = 80В.

**Задание 3. Измерение длительности сигнала между двумя его точками.**

1.Подайте исследуемый сигнал на гнездо « Y IMΩ 35pF».

2.Установите переключатель «V/дел.» в такое положение, чтобы изображение на экране составляло около 5 делений.

3.Установите переключатель «mS/дел., S/дел.» в такое положение, в котором расстояние между измеряемыми точками будет меньше 10 делений.

4.Установите ручкой «**уровень**» устойчивое изображение на экране

ЭЛТ.

 5.Переместите ручкой « » изображение так, чтобы точки, между которыми измеряется время, находились на горизонтальной центральной линии.

6.Установите ручкой «↔» изображение так, чтобы точки, между которыми измеряется время, находились в пределах десяти центральных делений сетки.

7.Измерьте горизонтальное расстояние между измеряемыми точками. Ручка развертки «**плавно**» должна быть установлена в крайнее правое положение.

1. Умножьте расстояние, измеренное в п. п. 7, на коэффициент развертки.

Пример. Допустим, что расстояние между измеряемыми точками составляет 6 делений, а переключатель «mS/дел., S/дел.» установлен в положение «0,2 mS/дел.» (рис. 5.9). Время Т = 6 дел. 0,2 mS/дел. = 1,2 mS.

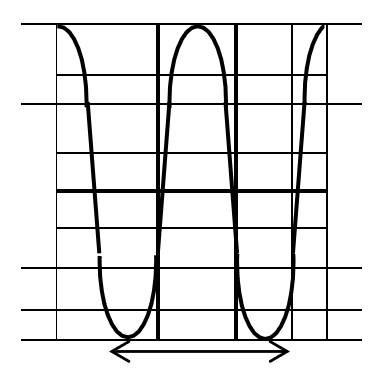


Рисунок 5.9 – Измерение расстояний между точками на экране осциллографа, при синусоидальной форме сигнала

**Задание 4. Измерение частоты периодических сигналов.**

1.Измерьте длительность времени одного периода сигнала, как описано в задании 3.

2.Рассчитайте частоту сигнала по формуле

(Гц) = ,

где – частота в Гц; Т – длительность периода (в секундах).

Пример. Частота сигнала с длительностью периода 1*mS* будет равна

кГц.

**Контрольные вопросы**

1.Каково функциональное назначение элементов электроннолучевой трубки: модулятора, анодов, плоских пластин?

2.Как сместить пятно на экране осциллографа горизонтально влево, вертикально вверх или в одну из точек верхнего левого квадрата экрана?

3.Какое напряжение называется пилообразным? Что увидим на экране при подаче такого напряжения на вертикально отклоняющиеся пластины?

4.Как получить на экране синусоиду? При каком условии изображение на экране будет неподвижным?

Лабораторная работа Э 7

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАТУХАЮЩИХ КОЛЕБАНИЙ, ВОЗБУЖДАЕМЫХ С ПОМОЩЬЮ МУЛЬТИВИБРАТОРА В КОНТУРЕ, СОДЕРЖАЩЕМ ИНДУКТИВНОСТЬ, ЕМКОСТЬ И СОПРОТИВЛЕНИЕ**

**Цель работы**: изучить затухающие электрические колебательные процессы.

**Принадлежности**: установка для наблюдения затухающих электромагнитных колебаний.

**Свободные колебания**

**Свободными (собственными) колебаниями** называются колебания, которые происходят в отсутствие переменных внешних воздействий на колебательную систему и возникают вследствие какого-либо начального отклонения этой системы от состояния ее устойчивого равновесия.

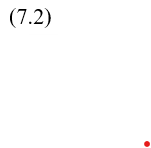
Колебания называются **периодическими**, если значения всех физических величин, характеризующих колебательную систему и изменяющиеся при колебаниях, повторяются через равные промежутки времени. Наименьший промежуток времени, удовлетворяющий этому условию, называется **периодом** **колебаний (Т)**. За период колебаний система совершает одно полное колебание. **Частотой периодических колебаний** называется величина , равная числу полных колебаний, совершающих за единицу времени. **Циклической (круговой, угловой) частотой периодических колебаний** называется величина равная числу колебаний, совершающихся за 2π единиц времени.

При периодических колебаниях зависимость колеблющейся величины s от времени t удовлетворяют условию: s(t) = s(t + T).

**Гармоническими** принято называть периодические колебания, при которых величина S удовлетворяет уравнению



.

Из теории дифференциальных уравнений известно, что общим решением этого уравнения является

,

где А1 и А2 – постоянные интегрирования, которые могут быть найдены из начальных условий

; .

Примером электрической цепи, в которой могут происходить свободные гармонические колебания, служит простейший колебательный контур (рис. 7.1), состоящий из конденсатора емкостью С и соединенный с ним последовательно катушки индуктивностью L. При замыкании на катушку предварительно заряженного конденсатора в колебательном контуре возникают свободные колебания заряда на обкладках конденсатора и силы тока в катушке. Переменное электромагнитное поле распространяется в пространстве со скоростью, равной скорости света. Поэтому, если линейные размеры контура l не слишком велики ( l << с/ν, где с = 3·10 8 м/с – скорость света в вакууме; ν – частота колебаний в контуре), то можно считать, что в каждый момент времени t сила тока I во всех частях контура одинакова. Такой переменный ток называется **квазистационарным**.

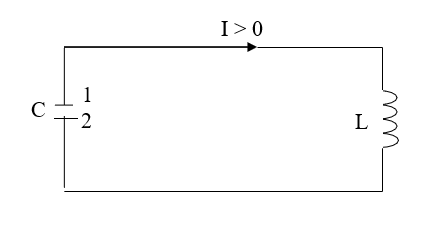


Рисунок 7.1 – Схема колебательного контура

По закону Ома для неоднородного участка цепи I – L – 2:

где - разность потенциалов обкладок конденсатора;

где q – заряд на обкладках конденсатора; R – электрическое сопротивление

колебательного контура; – ЭДС самоиндукции на катушке.