

РОСЖЕЛДОР  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Ростовский государственный университет путей сообщения»  
(ФГБОУ ВО РГУПС)  
Филиал РГУПС в г. Воронеж

Утверждаю:  
Заместитель директора по УПР филиала  
РГУПС в г. Воронеж  
\_\_\_\_\_ Гуленко П.И.  
«01» сентября 2023 г.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ**

**по дисциплине  
ОП.11 Электрические измерения**

базовая подготовка

*Специальность:* 27.02.03 Автоматика и телемеханика на транспорте  
(железнодорожном транспорте)

*Профиль:* технический

*Квалификация выпускника:* техник

*Форма обучения:* очная

Воронеж 2023 г.

Автор-составитель преподаватель высшей категории Гукова Н.С.

(уч. звание, должность, Ф.И.О)

предлагает методические указания по выполнению практических работ по дисциплине

### **ОП. 11 Электрические измерения**

(код по учебному плану и название дисциплины)

Методические указания рассмотрены на заседании цикловой комиссии общепрофессиональных дисциплин

Протокол № 07 от 01.09. 2023 г.

Председатель цикловой комиссии \_\_\_\_\_ Гукова Н.С.

(подпись)

(Ф.И.О.)

## **Пояснительная записка**

Дисциплина ОП.11 Электрические измерения изучается на 2 курсе. Материал дисциплины базируется на знании физики, математики, электротехники и используется при изучении специальных дисциплин.

Изучение данного материала включает в себя лекции, решение задач, выполнение практических работ.

Программой предмета ОП.08 Электрические измерения предусмотрено изучение принципов работы, схем, конструкций, способов включения измерительных приборов и методики общих измерений электрических величин в электротехнических устройствах железнодорожного транспорта.

Для приобретения обучающимися навыков пользования измерительными приборами и умения выбирать необходимый вид прибора и метод измерения, составлять схемы измерений, фиксировать показания приборов и анализировать полученные результаты программой предусмотрено выполнение лабораторных работ и сдача зачетов по ним.

Данная методическая разработка содержит инструкционные карты практических работ, выполняемых в курсе преподаваемой дисциплины, краткие теоретические сведения по каждой работе, а также контрольные вопросы, позволяющие подготовиться к сдаче зачета.

## Практическая работа № 1

### Исследование устройства электроизмерительных приборов

#### 1. Цель:

изучить конструкции наиболее распространенных приборов (амперметров и вольтметров) магнитоэлектрической и электромагнитной систем и приборов электродинамической или ферродинамической систем. Научиться определять технические характеристики по условным обозначениям на шкалах приборов. Научиться определять, для каких измерений могут быть использованы эти приборы. Научиться определять цену деления приборов с различными типами шкал.

#### 2. Оборудование:

стенд с электроизмерительными приборами в полуразобранном виде. Действующие электроизмерительные приборы магнитоэлектрической, электромагнитной, ферродинамической систем в прозрачных корпусах

#### 3. Краткие сведения из теории.

##### 1. Приборы магнитоэлектрической системы

Измерительный механизм состоит из постоянного магнита 1 с полюсными наконечниками, между которыми строго по центру установлен неподвижный цилиндрический сердечник 2. В воздушном зазоре размещается подвижная рамка (катушка) 3 на оси 4, представляющая собой легкий алюминиевый каркас с обмоткой из тонкой медной или алюминиевой проволоки. Концы обмотки рамки соединены со спиральными пружинами 5,6, создающими противодействующий момент. На одной оси с рамкой расположена стрелка 7.

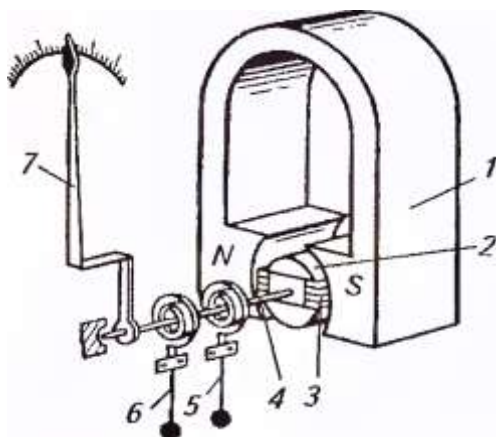


Рис.2. Устройство прибора магнитоэлектрической системы

Принцип действия основан на использовании взаимодействия поля постоянного магнита и катушки (рамки), по которой протекает ток. Подвижная часть в приборах этой системы перемещается в результате взаимодействия поля постоянного магнита с магнитным полем проводника с током. Подвижная часть чаще выполняется в виде рамки, реже – в виде небольшого постоянного магнита. При протекании постоянного тока по обмотке

рамки возникает магнитное поле, которое взаимодействует с полем постоянного магнита. В результате создается вращающий момент.

**Достоинства:** высокая чувствительность и точность (0,05); малая потребляемая мощность; незначительное влияние внешних магнитных полей; равномерная шкала.

**Недостатки:** сложность и высокая стоимость; непригодность для измерения в цепях переменного тока; низкая перегрузочная способность; необходимость соблюдения полярности при включении.

Приборы можно применять как для измерения тока (15-30мА), так для измерения напряжения (от 45 мВ до нескольких вольт), сопротивления и т.д. в **цепях постоянного тока**; используются в качестве индикаторов на транспортных средствах, в качестве лабораторных и щитовых приборов на электростанциях и др. предприятиях. В цепях переменного тока используются в сочетании с преобразователями.

## 2. Приборы электромагнитной системы

Прибор состоит из неподвижной плоской катушки 1 и подвижной пластины 2, закрепленной на оси. Дополнительно с осью соединены спиральная противодействующая пружина 3 и успокоитель 4.

Катушки амперметров наматывают медным проводом (0,6мм), вольтметров медным изолированным проводом (0,08мм-0,15мм)

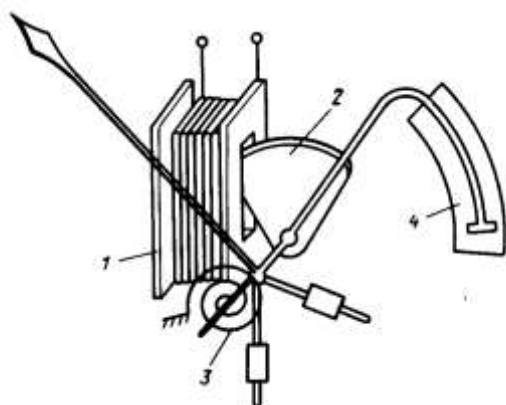


Рис.3. Устройство прибора электромагнитной системы

В основе работы лежит принцип механического взаимодействия магнитного поля и ферромагнитного материала. Перемещение подвижной части И.М. происходит в результате взаимодействия магнитных полей неподвижной катушки и подвижного ферромагнитного сердечника из магнитомягкого материала. При протекании тока по катушке возникает магнитное поле, сердечник намагничивается и втягивается в щель каркаса катушки, поворачивая ось со стрелкой.

**Достоинства:** применяются в цепях постоянного и переменного тока, устойчивы к кратковременным перегрузкам, просты по конструкции и относительно дешевы.

**Недостатки:** неравномерность шкалы, восприимчивость к внешним магнитным полям, относительно низкая чувствительность

Щитовые приборы используют на стационарных и подвижных объектах, переносные – в устройствах автоматики, телемеханики, связи и энергетики, для измерения

параметров реле автоблокировки и др. устройств. Для измерения тока и напряжения (600В) в цепях постоянного и переменного тока (до 150А) разработаны специальные приборы. При более высоких напряжениях их включают в цепь с помощью трансформаторов тока или напряжения.

### 3. Приборы электродинамической системы

Измерительный механизм состоит из подвижной 2 и неподвижной 1 катушек. На оси 4 жестко закреплены подвижная катушка 2, указательная стрелка с балансными грузиками 6, успокоитель 3 и концы двух противодействующих токопроводящих пружин 5. Противоположные концы пружин соединены с неподвижной катушкой. Одна из пружин соединена с рычажком корректора для установки стрелки на нуль. В большинстве приборов применяют воздушные успокоители. Неподвижную катушку наматывают медным проводом, подвижную - алюминиевым. При изменении полярности изменяются направления токов в обеих катушках, а направление отклонения стрелки не меняется

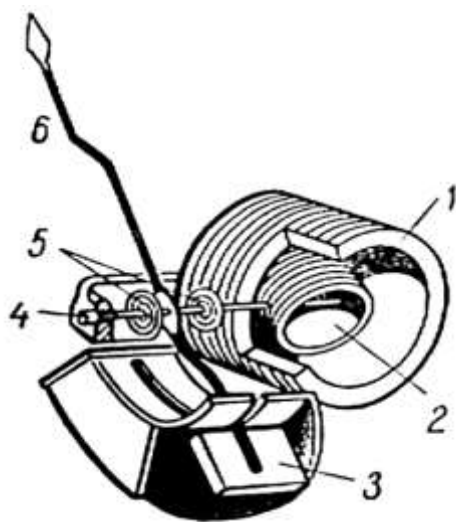





















Рис.4. Устройство прибора электродинамической системы





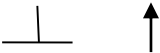
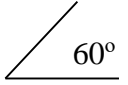

В основе работы лежит принцип механического взаимодействия проводников, по которым проходит ток. Перемещение подвижной части происходит в результате взаимодействия магнитных полей подвижной и неподвижной катушек (рамок), по которым протекает эл. ток. При этом подвижная катушка стремится изменить свое положение, таким образом, чтобы направления магнитных полей совпали.

**Достоинства:** высокая точность, пригодны для измерения разных физических величин в цепях переменного и постоянного тока (мощность, частота, фаза).

**Недостатки:** чувствительность к перегрузкам, высокая стоимость и чувствительность к воздействию магнитных полей

Используют в цепях переменного и постоянного тока в основном как переносные лабораторные, в качестве образцовых при проверке и градуировке технических средств измерений в лабораториях, узлах связи. В основном используют как ваттметры для измерения мощности.

Наименование	Условное обозначение
Магнитоэлектрический прибор с подвижной рамкой	
Магнитоэлектрический логометр с подвижными рамками	
Магнитоэлектрический прибор с подвижным магнитом	
Магнитоэлектрический логометр с подвижным магнитом	
Электромагнитный прибор	
Электромагнитный логометр	
Электродинамический прибор	
Электродинамический логометр	
Ферродинамический прибор	
Ферродинамический логометр	
Индукционный прибор	
Индукционный логометр	
Электростатический прибор	
Защита от внешних магнитных полей (I категория защищенности)	
Защита от внешних электрических полей (I категория защищенности)	
Постоянный ток	
Переменный (однофазный) ток	
Постоянный и переменный ток	
Трехфазный ток (общее обозначение)	

Трехфазный ток при неравномерной нагрузке фаз	
Прибор с трехэлементным измерительным механизмом (для четырехпроводной сети)	
Класс точности при нормировании погрешности в процентах от диапазона измерения	1,5 
Горизонтальное положение шкалы	
Вертикальное положение шкалы	
Наклонное положение шкалы под определенным углом к горизонту, например, 60°	
Измерительная цепь изолирована от корпуса и испытана напряжением, например, 2 кВ	
Группа эксплуатации прибора	<p><b>А</b>– для работы в закрытых сухих отапливаемых помещениях;</p> <p><b>Б</b>– для работы в закрытых не отапливаемых помещениях;</p> <p><b>В</b>– для работы в полевых (<b>В1</b>) и морских (<b>В2</b>) условиях.</p> <p>Отсутствие на лицевой панели прибора обозначения группы, означает его принадлежность к группе <b>А</b>.</p>

#### 4. Порядок выполнения работы.

4.1. Ознакомиться путем внешнего осмотра с устройством и особенностями деталей измерительных приборов магнитоэлектрической системы.



4.1.1. По внешнему виду и обозначениям на шкале выяснить о приборе и записать в таблицу №1 следующие данные: систему, наименование, тип прибора, род тока, и измеряемой величины, предел измерения, цену деления, тип шкалы, положение прибора, класс точности, категорию защиты от внешних электрических и магнитных полей, группу эксплуатации, испытательное напряжение изоляции, год выпуска, заводской номер.

4.1.2. Рассмотреть детали прибора и заполнить таблицу №2:

4.2. Ознакомиться (путем внешнего осмотра) с устройствами и особенностями деталей измерительных приборов электромагнитной системы, повторив пункты 4.1.1. и 4.1.2.

4.3. Ознакомиться (путем внешнего осмотра) с устройством и особенностями деталей измерительных приборов ферродинамической или электродинамической системы, повторив пункты 4.1.1. и 4.1.2.

**Таблица №1.** Расшифровка условных обозначений на шкалах измерительных приборов

	Магнитоэлектрическая	Электромагнитная	Электродинамическая
Наименование			
Тип прибора			
Род тока и измеряемой величины			
Предел измерения			
Цена деления			
Тип шкалы			
Положение прибора			
Класс точности			
Категория защиты от внешних электрических и магнитных полей			
Группа эксплуатации			
Испытательное напряжение изоляции			
Год выпуска			
Заводской номер			

**Таблица №2.** Описание деталей измерительных приборов различных систем

Система	Магнитоэлектрическая	Электромагнитная	Электро- или ферроди-

			намическая
	описание	описание	описание
Детали, создающие противодействующий момент			
Детали, создающие вращающий момент			
Детали подвижной системы			
Детали успокоения			
Детали отсчетного устройства			

#### 4. Содержание отчета.

Наименование и цель работы, таблицы 1-2 с результатами наблюдений.

Заключения по работе, заключения об общих деталях в рассматриваемых приборах, о деталях, определяющие принцип действия каждого прибора, о достоинствах и недостатках изученных систем.

#### Контрольные вопросы.

1. Почему приборы магнитоэлектрической системы применяются только для измерения постоянных величин?
2. За счет чего возникает вращающий момент в приборах магнитоэлектрической системы?
3. Перечислить основные достоинства и недостатки приборов магнитоэлектрической системы.
4. Перечислить основные детали приборов электромагнитной системы.
5. За счет чего создается противодействующий момент в приборах электромагнитной системы?
6. Какие виды успокоителей вы знаете?
7. Перечислить основные достоинства и недостатки приборов электромагнитной системы.
8. Приборы какой системы могут использоваться для измерения мощности?
9. За счет чего возникает вращающий момент в приборах электродинамической системы?
10. Чем различается устройство приборов электродинамической и ферродинамической систем?
11. Какие недостатки электродинамической системы устранены в приборах ферродинамической системы?

### Практическая работа №2

#### Проверка технического амперметра магнитоэлектрической системы

##### 1. Цель:

научиться проверять правильность показаний технического амперметра и, сопоставляя его показания с показаниями образцовых приборов, определять погрешности проверяемых приборов, определять соответствие приборов классу точности, указанному на шкалах.

## 2. Оборудование:

амперметр технический; амперметр образцовый; лабораторный стенд.

## 3. Краткие сведения из теории.

Проверкой средств измерения называется выполнение совокупности операций, устанавливающих пригодность средств измерений к применению по точностным характеристикам.

При проверке приборов непосредственной оценки выполняют следующую последовательность действий: внешний осмотр, подготовку прибора, выбор образцовых приборов, определение основной погрешности и вариации показаний.

При выборе образцовых приборов необходимо соблюдать следующие правила: по классу точности образцовый прибор должен иметь наибольшую допустимую погрешность в 3-4 меньшую, чемверяемый. По системе образцовый прибор выбирают таким образом, чтобы его реакция на помехи была аналогична реакцииверяемого прибора. Вариацией называют разность показаний измерительного прибора в данной точке поддиапазона при двух направлениях измерений (вверх и вниз), отнесенной к номинальному значению прибора. Вариация возникает за счет трения в опорах подвижной части, механического люфта деталей и т.д. Вариация показаний образцового прибора при проверке должна быть в два раза меньше его допускаемой погрешности.

## 4. Порядок выполнения работы.

4.1.Собрать электрические цепи для проверки амперметра согласно схеме рис.1.

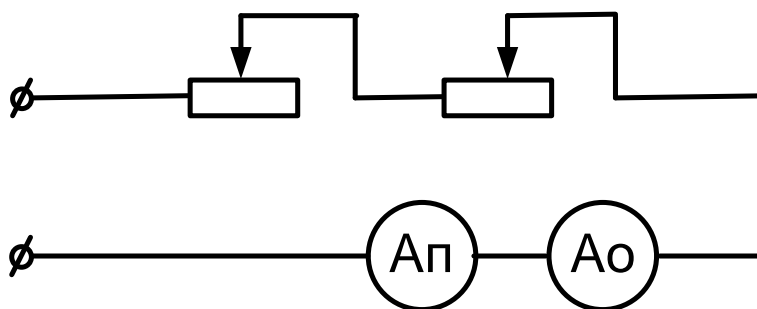


Рис.1 Схема проверки амперметра

4.2.Стрелки измерительных приборов корректором выставить на нуль при отключенном источнике питания. При включенном источнике тока с помощью реостатов устанавливают стрелку проверяемого амперметра А на каждом оцифрованном делении шкалы, записывая показания обоих амперметров в таблицу 1 в графу «Ход вверх». Дойдя до последнего верхнего деления шкалы, плавно уменьшают силу тока, также устанавливая стрелку технического амперметра поочередно на оцифрованных делениях шкалы, записывая показания обоих амперметров в графу «Ход вниз».

4.3.Отключить питание.

4.4.Вычислить среднее значение показаний образцового прибора для каждого измерения:

$$I_{cp_0} = \frac{I_{\text{верх}} + I_{\text{низ}}}{2}$$

Абсолютную погрешность  $\Delta I = I_{II} - I_{cp_0}$

Относительную погрешность  $\gamma_I = \frac{\Delta I}{I_{II}} * 100\%$

Вариацию показаний  $\gamma_{\text{ВАР}} = \frac{I_{\text{ВВЕРХ}} - I_{\text{ВНИЗ}}}{I_{\text{НОМ}}} * 100\%$

Относительную приведенную погрешность  $\gamma_{II} = \frac{\Delta I}{I_{\text{НОМ}_{II}}} * 100\%$

Поправку прибора  $\delta I = -\Delta I = I_{cp_0} - I_{II}$ ,

где:  $I_{\text{ном}}$  - номинальное значение поверяемого прибора;

$I_{II}$  - показания поверяемого амперметра;

$I_{cp_0}$  - показания образцового амперметра.

4.5.Найти из таблицы наибольшую приведенную погрешность, сравнить ее с классом точности технического амперметра, сделать вывод о соответствии прибора классу точности, указанному на шкале.

4.6.Построить график зависимости  $\delta I = f(I_{II})$ .

Собрать электрические цепи для проверки технического вольтметра согласно схеме 2.

### 5.Содержание отчета.

Наименование и цель работы. Перечень оборудования и приборов.

Схемы поверки амперметра и вольтметра. Таблица №1 с результатами наблюдения и расчетами. Заключение по работе о соответствии прибора классу точности, указанному на шкале.

**Таблица №1.** Результаты измерений и расчетов.

Показания приборов		Погрешности					Поправка
Поверяемог	Образцового	Абсолют- ная	Относи- тельная	Приве- денная	Наи- большая приве- денная	Вариация	

$I_{II}$

	Ход вверх $I_{ВВЕРХ}$	Ход вниз $I_{ВНИЗ}$	Среднее значе-ние $I_{СР.0}$	$\Delta I$	$\gamma_I$	$\gamma_{II}$	$\gamma_D$	$\gamma_{вар}$	$\delta I$
А	А	А	А	А	%	%	%	%	А

### Контрольные вопросы.

1. Что называется поверкой средств измерений?
2. Какие операции выполняют в ходе поверки приборов непосредственной оценки?
3. По каким параметрам выбирают образцовый прибор для проведения поверки?
4. Для чего в ходе поверки производят измерения образцовым прибором при ходе вверх и при ходе вниз?
5. По какой погрешности определяют соответствие прибора классу точности, указанному на его шкале?
6. В каких единицах определяется класс точности прибора?
7. В каких единицах измеряется величина абсолютной погрешности приборов?

### Практическая работа №3.

#### Измерение средних сопротивлений одинарным измерительным мостом и омметром.

##### 1. Цель:

изучить одинарный измерительный мост и омметр. Научиться измерять сопротивления различных величин при помощи указанных приборов и сравнивать результаты измерений для определения степени точности.

## 2. Оборудование:

одинарный измерительный мост типа Омметр типа.  
Лабораторный стенд.

## 3. Краткие сведения из теории.

Для измерения сопротивлений средней величины применяют одинарный мост на постоянном токе. Его схема представляет собой замкнутый четырехугольник, состоящий из сопротивлений  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_x$ ,  $R_0$ . В одну из диагоналей включен гальванометр, а в другую включается источник питания. Сопротивления, входящие в схему, называются плечами моста.

$R_1$ ,  $R_2$  – плечи отношения,  $R_0$  – плечо сравнения,  $R_x$  – плечо измеряемого сопротивления. Плечи  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_0$  представляют собой магазины резисторов. Процесс подбора сопротивлений плеч называется уравниванием моста. Мост считается уравновешенным, если ток через гальванометр не протекает.

Непосредственное измерение сопротивлений производится стрелочными омметрами. В схеме омметра используется однорамочный измерительный механизм магнитоэлектрической системы. Верхний предел измерений прибора зависит от чувствительности измерительного механизма и напряжения питающей батареи.

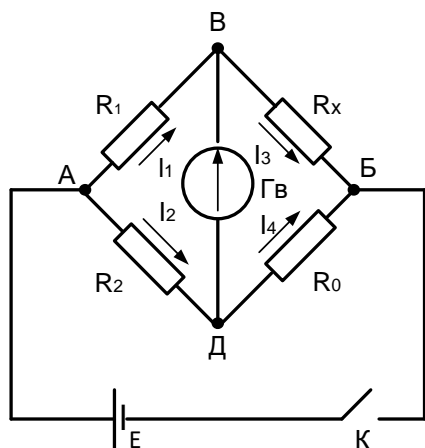


Рис. 1. Схема одинарного измерительного моста

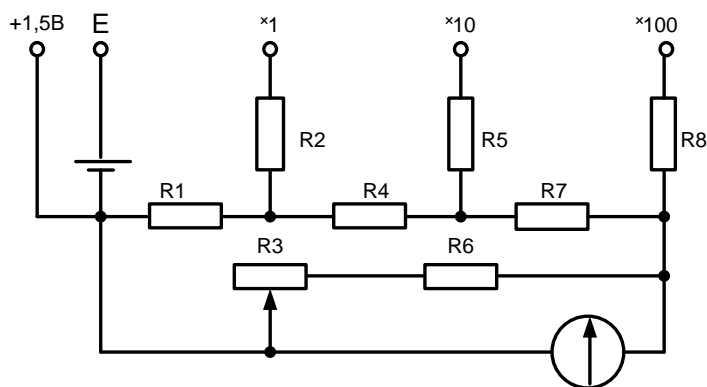


Рис. 2 Схема трехпредельного омметра.

## 4. Порядок выполнения работы.

4.1 . Подготовить к работе одинарный измерительный мост:

4.1.1 Проверить наличие батарей в приборе или подключить клеммы «Б» к внешнему источнику питания и поставить переключатель «Б» в положение «В» или «Н».

4.1.2 Переключатель схемы – в положение «ИС».

4.1.3 Переключатель гальванометра – в положение «ГВ».

- 4.1.4 Переключатель «умножить» – в положение «1: 1».
- 4.1.5 Переключить измеряемое сопротивление к клеммам «X».
- 4.1.6 Установить стрелку гальванометра корректором на «0».
- 4.2 . Ручку переключателя  $R_0$  «x1000» установить в положение «5». Нажав кнопку «грубо» и меняя положение ручки переключателя N «умножить», добиться, чтобы стрелка гальванометра приблизилась к нулю, не переходя через него.
- 4.3 . Последовательно меняя положение ручек переключателей  $R_0$  «x1000», «x100», «x10», «x1» добиться, чтобы стрелка гальванометра приблизилась к нулю.
- 4.4 . Нажав кнопку «точно» и меняя положение переключателей  $R_0$  «x1», «x10», «x100», добиться установки стрелки гальванометра на нуль.
- 4.5 . Записать значения N и  $R_0$ , соответствующие положению ручек переключателей, в таблицу.
- 4.6 . Рассчитать и записать в таблицу  $R_X = N \cdot R_0$
- 4.7 . Провести измерения еще двух резисторов.
- 4.8 . Подготовить к работе омметр.
- 4.8.1 Проверить наличие батарей или подключить внешнее питание к клеммам « $\pm 1.5B$ ».
- 4.8.2 Подключить проводники к клеммам « - » и одной из «x1», «x10», «x100», обеспечив при измерении первого резистора отклонение стрелки в 1/3 шкалы.
- 4.8.3 Концы проводников замкнуть и, вращая ручку потенциометра «Уст.0», добиться установления стрелки на нуль.
- 4.9 . Подключить концы проводников к измеряемому резистору и произвести отчет по шкале прибора, записать в таблицу сопротивление по шкале R и множитель предела №1.
- 4.10 Рассчитать сопротивление  $R_X = N \cdot R_0$
- 4.11 Произвести измерение сопротивления остальных резисторов.
- 4.12 Определить погрешности измерения омметра:  
 Абсолютную  $\Delta R_X = R_X - R_X'$ ; относительную  $\gamma_R = \frac{\Delta R_X}{R_X'} \cdot 100\%$
- 4.13 Разобрать электрические схемы.

#### 4. Содержание отчета.

Наименование и цель работы. Оборудование. Таблица с результатами измерений и расчетов. Схемы моста и омметра. Заключение о точности измерений с помощью моста и омметра.

**Таблица 1.** Результаты измерений и расчетов.

Измеряемое сопротивление	Мостом	Омметром	Погрешности омметра

	Положение переключателя «умнож» $N$	Сопротивление плеча сравнения $R_0$	Измеренное сопротивление $R_x = NR_0$	Сопротивление по шкале $R$	Множитель предела $N$	Измеренное сопротивление $R_x = NR$	$\Delta R$	$\gamma_R$
		Ом	Ом	Ом		Ом	Ом	%

### Контрольные вопросы.

1. К какому типу методов измерений относится измерение сопротивлений мостом постоянного тока?
2. В каком диапазоне лежат величины средних сопротивлений?
3. Приведите примеры средних сопротивлений.
4. Для чего в схеме моста постоянного тока служит гальванометр?
5. Как называются плечи моста?
6. Как определить, что мост находится в равновесии?
7. Что представляют собой плечи отношения и плечо сравнения моста?
8. С помощью чего мост приводится в равновесие?
9. Можно ли измерить емкость конденсатора с помощью моста постоянного тока? Ответ пояснить.
10. К какому типу методов измерений относится измерение сопротивлений с помощью омметра?

### Практическая работа №4.

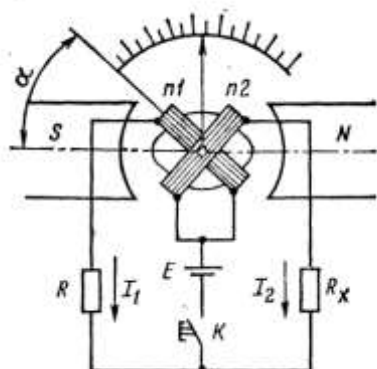
#### Измерение сопротивления изоляции электрооборудования.

1. **Цель.** Научиться измерять большие сопротивления резисторов и сопротивление изоляции электрооборудования.
2. **Оборудование.**



Логометрический мегомметр типа М4100  
Измеряемые объекты: резисторы, кабель,  
двигатель.

### 3. Краткие сведения из теории.



В более совершенных системах омметров и мегомметров используются измерительные механизмы—логометры, показания которых не зависят от изменения напряжения источника в определенных пределах. Схема, поясняющая принцип действия логометра, приведена на рис. Подвижная часть прибора состоит из двух рамок  $n1$  и  $n2$ , расположенных в поле постоянного магнита. Эти рамки жестко укреплены на оси под углом друг к другу. Обмотки рамок соединены так, что проходящие по ним токи создают вращающие моменты, направленные в противоположные стороны.

В цепи рамки  $n1$ , обладающей сопротивлением  $R1$ , включен последовательно резистор с известным сопротивлением  $R$ , а в цепь рамки  $n2$  (с сопротивлением  $R2$ )— последовательно измеряемое сопротивление  $Rx$ . При замыкании кнопки  $K$  в обмотках рамок  $n1$  и  $n2$  появятся токи:

$$I_1 = \frac{E}{R1 + R}; I_2 = \frac{E}{R2 + Rx}$$

где  $E$  — напряжение источника постоянного тока.

Эти токи создадут два вращающих момента, определяемых по формулам:

$$M_1 = I_1 B_1 s_1 w_1 \text{ и } M_2 = I_2 B_2 s_2 w_2$$

где  $s1$  и  $s2$  — площади рамок;

$w1$  и  $w2$  — число витков в обмотках рамок;

$B1$  и  $B2$  — значения магнитной индукции в зазоре между полюсами магнита  $N$  и  $S$  и рамками  $n1$  и  $n2$ . Они зависят от угла поворота рамок, так как ширина зазора вдоль окружности сердечника неодинаковая.

### 4. Порядок выполнения работы.

4.1. Подготовить приборы к работе.

4.1.1. Подключить проводник к клеммам «Л» и «З» мегомметра М4100

Переключатель поставить в положение «М Ω», замкнуть проводники накоротко, вращать ручку генератора со скоростью 120 об/мин, стрелка должна установиться на нуль по шкале «К Ω».

4.1.2. Переключатель поставить положение «К Ω», замкнуть

проводники накоротко, при вращении ручки генератора стрелка

должна установиться на нуль по шкале «К Ω».

4.2. Подключить резистор к клеммам «Л» и «З» мегомметра М4100 и, вращая ручку генератора, замерить величину сопротивления. Записать результаты измерений в таблицу.

4.3. Измерить сопротивление изоляции обмоток электродвигателя

относительно корпуса, подключив прибор М4100 согласно схеме.

Результаты измерений записать в таблицу.

**5. Содержание отчета.** Наименование и цель работы.

перечень оборудования и приборов. Схемы измерений мегомметром М4100.

Таблица с результатами измерений.

Заключение по работе – заключение о соответствии величины измеренного сопротивления изоляции электрооборудования требованиям ПУЭ.

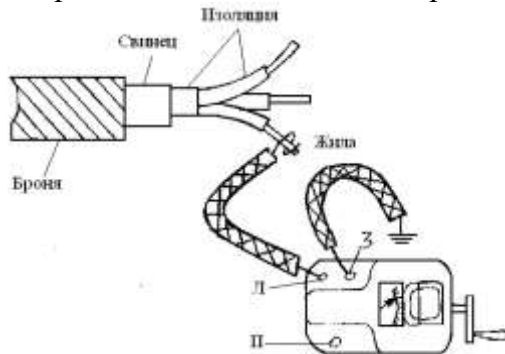


Рис.1. Схема измерения сопротивления изоляции жил кабеля относительно земли

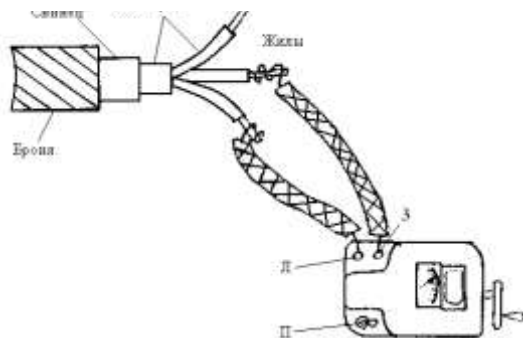


Рис.2. Схема измерения сопротивления изоляции между жилами кабеля

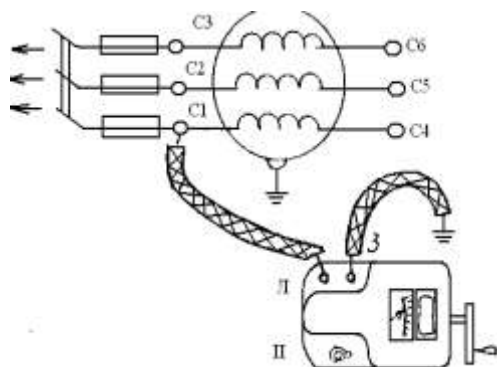


Рис.3. Схема измерения сопротивления изоляции обмоток электродвигателя относительно земли

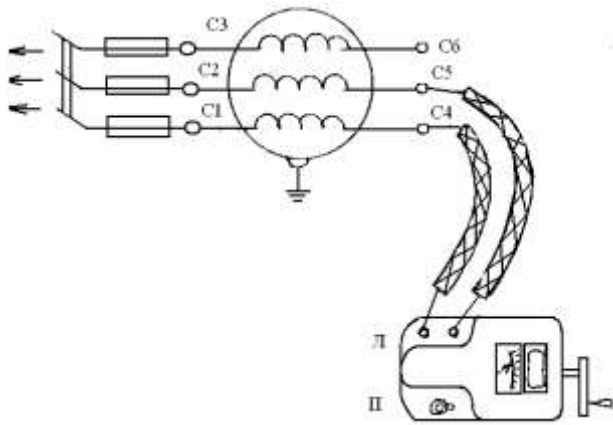


Рис.4. Схема измерения сопротивления изоляции между обмотками электродвигателя

**Таблица 1.** Результаты измерений и расчетов.

Сопротивления								
Резис- торов	Жил кабеля				Обмоток электродвигателя			
	Относитель-но земли		между жилами		относительно корпуса		между обмотками	
	фаза	$R_{из.к.}$	фазы	$R'_{из.к.}$	обмотка	$R_{из.д.}$	обмотки	$R'_{из.д.}$
МОм		МОм		МОм		МОм		МОм
	A	A-B			C1		C1-C2	
	B	B-C			C2		C2-C3	
	C	C-A			C3		C1-C3	

### Контрольные вопросы.

1. К какой системе относится измерительный механизм мегомметра?
2. Чем отличается логометрическая схема от схемы однорамочного измерительного механизма?
3. Как практически определить, на какой предел измерений подключен мегомметр в конкретном случае?
4. Привести примеры больших сопротивлений.
5. Как с помощью мегомметра определить целостность изоляции жил многожильного кабеля относительно друг друга?
6. Как с помощью мегомметра «прозвонить» кабель?
7. Почему в логометрическом мегомметре в качестве источника питания используется генератор, а не батарея элементов?

## Практическая работа №5.

### Исследование устройства и схемы ампервольтметра и измерения им.

- 1. Цель:** ознакомиться со схемой АВОметра, изучить устройство и коммутацию прибора для различных измерений, научиться измерять величины тока, направления и сопротивления.
- 2. Оборудование:** АВОметр типа Ц 4312, амперметр образцовый класса точности 0,2. Вольтметр образцовый класса точности 0,2. Образцовый магазин сопротивлений. Лабораторный стенд.
- 3. Краткие сведения из теории.**

Ампервольтметры являются комбинированными приборами, предназначенными для измерения постоянных и переменных токов и напряжений, а также электрических сопротивлений в широких пределах.

Схемы АВОметров представляют собой сочетание в различных комбинациях много предельных амперметров, вольтметров и омметров. Отсчет всех видов измеряемых величин производится по разным шкалам общего стрелочного магнитоэлектрического измерителя с током полного отклонения 50-200 мкА. Для повышения чувствительности в некоторых приборах применяют усилители постоянного тока.

Преобразователь переменного тока в постоянный состоит из диодов.

#### 4. Порядок выполнения работы.

- 4.1 Произведя коммутации на приборе, установить род тока «~» и наибольший предел измерения по току.
- 4.2 Собрать электрическую цепь по схеме (Рис.1)
- 4.3 Стрелки приборов установить на нуль, регулятор Латра поставить на нуль.
- 4.4 Включить стенд. Регулятором напряжения устанавливать стрелку прибора на оцифрованных делениях шкалы. Показания образцового прибора и АВОметра занести в таблицу.
- 4.5 Вычислить:  $\Delta I = I_{II} - I_0$  - абсолютную погрешность;

$$\gamma_I = \frac{I_{II} - I_0}{I_0} \cdot 100\% \text{ - относительную погрешность.}$$

- 4.6 Результаты вычислений занести в таблицу.
- 4.7 Произведя коммутации на приборе, установить род тока «~» и предел измерения 300 В.
- 4.8 Собрать электрическую цепь по схеме (Рис.2)
- 4.9 Повторить п. 3.4.
- 4.10 Вычислить:  $\Delta U = U_{II} - U_0$  - абсолютную погрешность

$$\gamma_U = \frac{U_{II} - U_0}{U_0} \cdot 100\% \text{ - относительную погрешность}$$

- 4.11 результаты вычислений занести в таблицу.
- 4.12 Произведя коммутации на приборе, установить род измеряемой величины «R», множитель измерения «xI кОм».
- 4.13 Собрать электрическую цепь по схеме (Рис.3).
- 4.14 Установить сопротивление на образцовом магазине равным нулю.
- 4.15 Установить стрелку омметра на нуль потенциометром “установка нуля”.
- 4.16 Увеличивая сопротивления на магазине, добиться установки стрелки на оцифрованные значения шкалы.
- 4.17 Показания прибора и магазина сопротивлений занести в таблицу.
- 4.18 Вычислить:  $\Delta R = R_{II} - R_0$  - абсолютную погрешность;

$$\gamma_R = \frac{R_{п} - R_0}{R_0} \cdot 100\% \text{ - относительную погрешность}$$

4.19 Результаты вычислений занести в таблицу.

**4. Содержание отчета.** Наименование и цель работы. Перечень оборудования. Схемы измерений. Таблица с результатами измерений и расчетов. Заключение по работе – указание системы, к которой относится прибор, его особенностей, класса точности, области применения

**Таблица 1.** Результаты измерений и расчетов.

Измеренные величины						Относительные погрешности		
I <sub>п</sub>	I <sub>о</sub>	U <sub>п</sub>	U <sub>о</sub>	R <sub>п</sub>	R <sub>о</sub>	$\gamma_I$	$\gamma_U$	$\gamma_R$
А	А	В	В	Ом	Ом	%	%	%

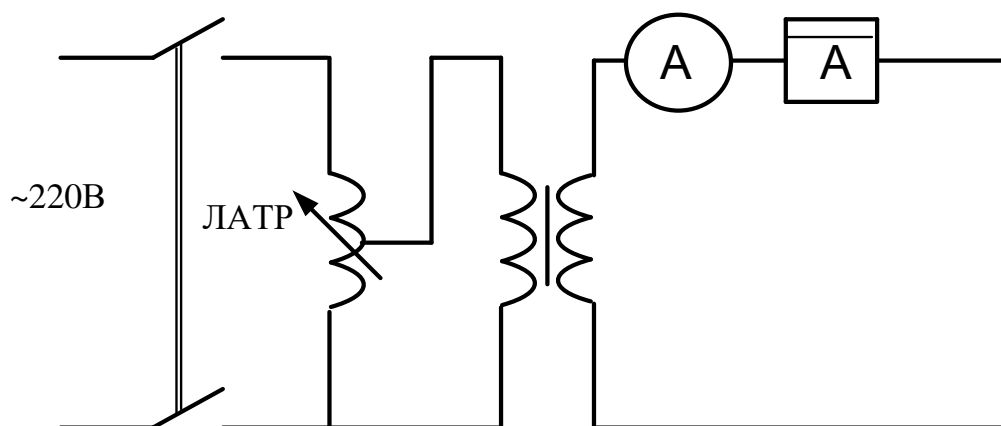


Рис. 1. Схема включения приборов для измерения силы тока.

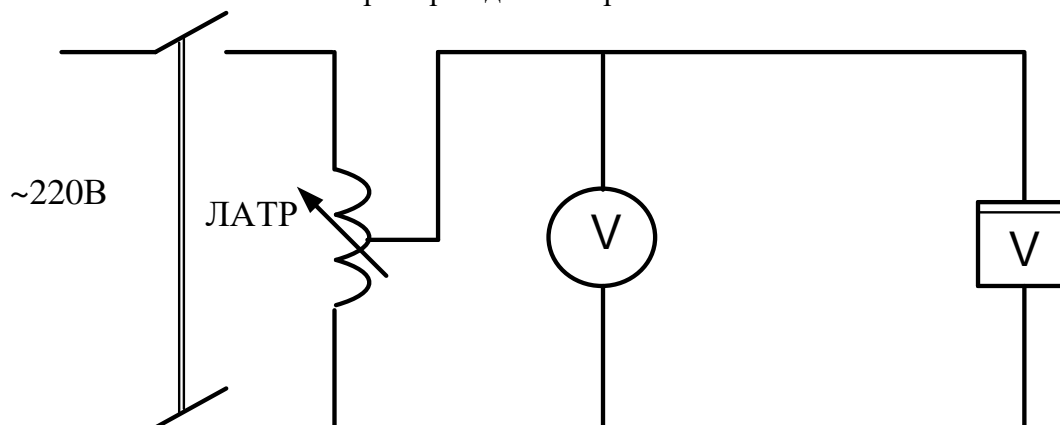


Рис. 2. Схема включения приборов для измерения напряжения.

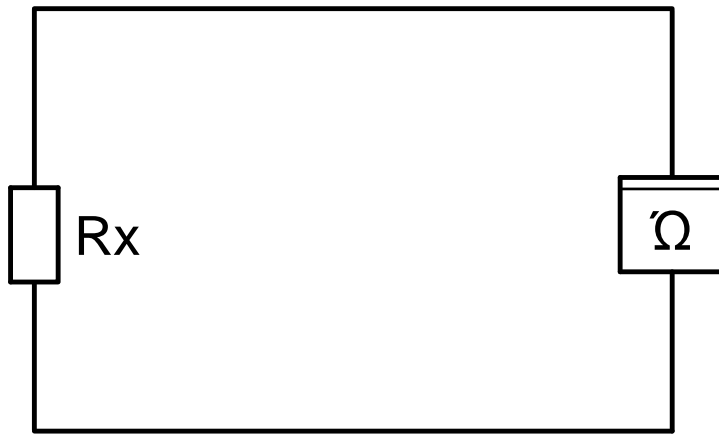


Рис. 3 Схема включения прибора для измерения сопротивления.

#### **Контрольные вопросы.**

1. Для измерения каких величин предназначен АВОметр?
2. Что представляет собой схема АВОметра?
3. Какой измерительный механизм используется в АВОметре?
4. С помощью каких приборов происходит преобразование переменных измеряемых величин в постоянные?
5. Можно ли измерять переменные величины, напрямую используя измерительный механизм магнитоэлектрической системы.
6. Наличие чего обязательно необходимо в приборе при измерении сопротивлений?
7. Определить по выбору преподавателя цену деления шкал прибора на различных пределах измерений.

## Практическая работа № 6.

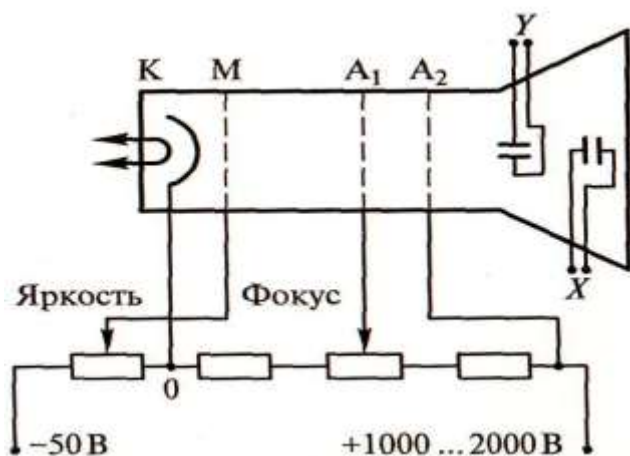
### Исследование устройства электронно-лучевого осциллографа, наблюдение и исследование параметров электрических процессов.

**1. Цель:** ознакомиться с органами управления осциллографа, изучить правила эксплуатации, научиться подключать осциллограф к исследуемой схеме, научиться получать на экране и измерять параметры электрических процессов.

**2. Оборудование:** Электронный осциллограф. Лабораторный стенд для наблюдения графиков переменного и выпрямленного тока, вольтамперной характеристики полупроводникового диода, фигур Лиссажу. Звуковой генератор.

### 3. Краткие сведения из теории.

Электронный осциллограф позволяет визуально наблюдать и фотографировать форму и характер быстро изменяющихся процессов, происходящих в любой электрической цепи. Электронный осциллограф позволяет наблюдать и исследовать не только периодические, но и кратковременные электрические процессы, такие, как импульсные электрические разряды и подобные им явления.



Электронно-лучевая трубка является одной из основных деталей прибора. Она представляет собой стеклянный баллон, похожий на колбу с плоским дном, покрытым с внутренней стороны веществом, светящимся под ударами электронов. Внутри баллона трубки укреплены электроды: нить накала  $H$ , катод  $K$ , управляющий электрод-модулятор  $M$ , аноды  $A_1$  и  $A_2$  и отклоняющие пластины  $Y-Y'$ ,  $X-X'$ . Комплекс электродов, исключая

отклоняющие пластины, предназначенный для создания электронного луча, называется **электронным прожектором**.

Нить накала  $H$  питается переменным током низкого напряжения и разогревает катод, выполненный в виде цилиндра, окружающий нить накала. Торцевая часть катода  $K$  покрыта оксидным слоем, испускающим электроны. Вокруг катода расположен цилиндрический электрод с отверстием в торце, называемый модулятором  $M$ . На него подают отрицательный потенциал относительно катода, благодаря чему поток электронов, испускаемый катодом, группируется в виде луча, проходящего через отверстие в модуляторе.

Для того чтобы электронный поток достигал экрана и концентрировался на нем в виде резкой точки, используется система анодов  $A_1$  и  $A_2$ , создающих ускоряющее электрическое поле, действующее на электронный поток и фокусирующее электронный луч. Вследствие разности потенциалов анодов между ними образуется электрическое поле. Электронный луч, попадая в это поле, отклоняется им в направлении к горизонтальной оси и получает ускорение в направлении к экрану Э.

На фокусировку луча влияют вторичные электроны, выбитые из экрана и заряжающие стенки трубки. Для устранения этого баллон трубки с внутренней стороны

покрывают проводящим слоем из коллоидного раствора графита, называемого **аквадагом**, соединенным с анодом *A2*. Благодаря этому вторичные электроны отводятся на анод.

#### **4.Порядок выполнения работы.**

- 4.1. Подготовить осциллограф к работе.
  - 4.1.1. К клемме “3” подключить провод заземления.
  - 4.1.2. Подключить шнур осциллографа в сеть 220В.
  - 4.1.3. Ручки управления поставить:
    - “Яркость” – в среднее положение
    - “Фокус” – в среднее положение
    - “Усиление” – на 0,1-0,5 деления
    - “Длительность” – на 10-50
    - “Ось X” , “Ось Y” – в среднее положение.
  - 4.1.4. После прогрева осциллографа установить штрих в центр экрана ручками “Ось X” и “Ось Y” .
  - 4.1.5. Проверить калибровку, установив переключатель “Усиление” в положение “Калибр 4 дел.”
- 4.2. Соединить клеммы осциллографа с лабораторным стендом по схеме 1. Регулируя положение ручек “усиление”, “длительность” добиться устойчивого изображения синусоиды. Зарисовать в отчет в масштабе.
- 4.3. Замерить амплитудное значение напряжения  $U_m$  на графике в мм и записать в отчет.
- 4.4. Вычислить амплитудное значение напряжения  $U_m$  в вольтах и записать в отчет

$$U_m = K_v \times U' m, \text{ где } K_u = \frac{B}{\text{мм}} - \text{коэффициент, показывающий величину}$$

напряжения на 1мм.

$$U' m - \text{амплитудное значение напряжения в мм.}$$

- 4.5. Замерить длительность периода на графике в мм и вычислить в секундах по формуле  $T = K_T \times T'(c)$ , где  $K_T = \frac{c}{\text{мм}}$

Соединить клеммы осциллографа со стендом по схеме 2.

- 4.6. Добиться устойчивого изображения однополупериодного выпрямления. Изображение зарисовать в отчет.
- 4.7. Соединить клеммы осциллографа с лабораторным стендом по схеме 3.
- 4.8. Зарисовать график вольтамперной характеристики полупроводникового диода
- 4.9. Выключить приборы. Разобрать цепи.

**5.Содержание отчета.** Наименование и цель работы. Перечень оборудования. Электрические схемы включения исследуемой цепи к осциллографу. Графики процессов, наблюдаемых при помощи осциллографа.

Заключение по работе - назначение осциллографа и перечень применений его в технике измерений.



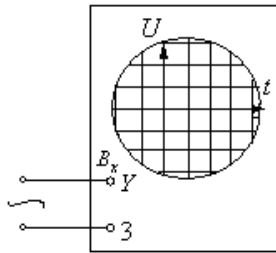


Схема 1. Наблюдение графика переменного тока

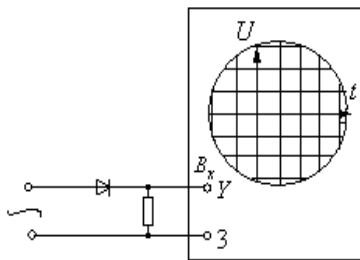


Схема 2. Наблюдение графика выпрямленного тока

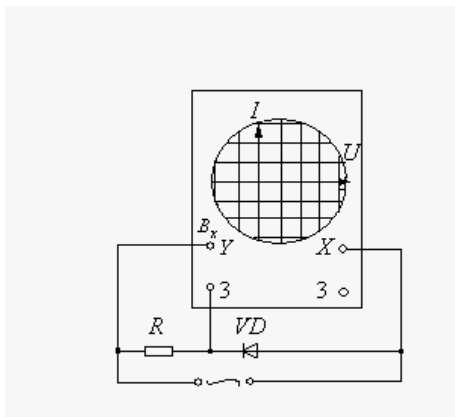


Схема 3. Наблюдение графика вольтамперной характеристики полупроводникового диода

### Контрольные вопросы.

1. Для чего предназначен электронно-лучевой осциллограф?
2. Какой блок является основным в осциллографе?
3. Что представляет собой электронно-лучевая трубка осциллографа?
4. Для чего в электронно-лучевой трубке необходим катод?
5. Какой элемент электронно-лучевой трубки формирует электронный луч.
6. Для чего в электронно-лучевой трубке необходима система анодов?
7. Для чего внутренняя поверхность трубки покрывается проводящим слоем?
8. С помощью чего в электронно-лучевой трубке происходит управление электронным лучом?