

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра электроснабжения и электротехники

**МЕТРОЛОГИЯ И ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА.**

Рабочая тетрадь для выполнения лабораторных работ

Выполнил: студент АЭФ \_\_\_\_\_ гр \_\_\_\_\_

Проверил: \_\_\_\_\_

Минск  
БГАТУ  
2024

**ПОВЕРКА ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ  
ПРИБОРОВ МЕТОДОМ СЛИЧЕНИЯ ИХ ПОКАЗАНИЙ  
С ПОКАЗАНИЯМИ ЭТАЛОНОВ**

Цель работы:

1. Ознакомиться с общими требованиями и правилами поверки электромеханических измерительных приборов.
2. Усвоить основные метрологические понятия.
3. Произвести поверку электромеханического амперметра и вольтметра.

**Общие сведения**

Количественной характеристикой качества результата измерений может служить погрешность.

**Погрешностью** измерения называют отклонение *результата* измерения от *истинного значения* величины.

Одним из постулатов метрологии является положение о том, что *истинное значение* величины существует, однако определить его путем измерения невозможно. Поэтому при оценке погрешности измерения вместо *истинного значения* величины используют *опорное значение величины*. Во многих практических случаях в качестве *опорного значения* используют так называемое *действительное значение*.

*Действительное значение* – это значение величины, найденное экспериментальным путем и настолько близкое к *истинному значению*, что для поставленной измерительной задачи может его заменить. За действительное значение величины чаще всего принимают измеренное значение, полученное при использовании эталона или калиброванного средства измерений.

По *способу выражения* различают *абсолютную* и *относительную* погрешности измерения.

Под *абсолютной* погрешностью  $\Delta X$  понимается разность между *измеренным значением*  $X$  данной величины и ее *опорным* (действительным) значением  $X_0$  ( $X_d$ )

$$\Delta X = X - X_0 = X - X_d. \quad (1.1)$$

*Абсолютная* погрешность имеет размерность, выраженную в тех же единицах, что и сама измеряемая величина.

Более полное представление о точности измерения дает относительная погрешность, определяемая как отношение *абсолютной* погрешности к *опорному* (действительному) значению измеряемой величины, выраженное в процентах, т. е.

$$\delta = \frac{\Delta X}{X_0} \cdot 100 \% = \frac{\Delta X}{X_d} \cdot 100 \% \approx \frac{\Delta X}{X} \cdot 100 \%. \quad (1.2)$$

Относительная погрешность характеризует точность измерения и точность прибора лишь в данной точке шкалы.

Для характеристики погрешности средств измерений и получения возможности сравнения по точности приборов различных типов и систем, с различными диапазонами измерений, вводится понятие *приведенной погрешности*, представляющей собой выраженное в процентах отношение *абсолютной* погрешности  $\Delta X$  к *нормирующему значению*  $X_N$ , устанавливаемому в стандартах на конкретные разновидности средств измерений:

$$\gamma = \frac{\Delta X}{X_N} \cdot 100 \%. \quad (1.3)$$

Нормирующее значение  $X_N$  для большинства электромеханических приборов принимается равным *конечному значению* шкалы прибора, если нулевая отметка прибора находится на краю или вне шкалы. По *условиям определения* погрешности *средств измерений* подразделяются на *основную* и *дополнительные*.

*Основной* называется погрешность средств измерений, применяемых в *нормальных условиях* эксплуатации (нормальных параметрах внешней среды: температуре, влажности, атмосферном

давлении; правильном геометрическом расположении, соответствующих прибору частоте, роду тока, формы кривой тока и т. п.). При отклонении условий измерения от *нормальных* возникают *дополнительные* погрешности измерения.

Для сопоставления средств измерений, предназначенных для измерения одной и той же величины, по точности, служит *класс точности*.

**Класс точности** – обобщенная характеристика данного типа средств измерений, как правило, отражающая уровень их точности и выражаемая точностными характеристиками средств измерений.

Для большинства аналоговых электромеханических приборов, у которых преобладает *аддитивная* (неизменная во всем диапазоне измерений) составляющая погрешности, *класс точности* устанавливается по *допустимой основной приведенной погрешности*. Следовательно, для таких приборов, *класс точности* указывает в процентах *допустимую основную приведенную погрешность*, гарантируемую производителем.

Для определения годности средств измерений проводится их *поверка*.

*Поверка* – установление органом государственной метрологической службы (или другим официально уполномоченным органом, организацией) пригодности средств измерений к применению на основании экспериментально определяемых метрологических характеристик и подтверждения их соответствия установленным обязательным требованиям.

Поверка проводится в обязательном порядке при выпуске прибора из производства, после ремонтов и регулировок приборов, а также периодически. Сроки периодических поверок измерительных приборов регламентируются органами Госстандарта.

Поверка технических щитовых приборов может производиться на местах их установки методом сличения их показаний с показаниями рабочих эталонов.

Поверка измерительного прибора включает в себя его внешний осмотр для установления механической и электрической исправности, определение основной погрешности и других метрологических характеристик, нормируемых наравне с погрешностями при установлении класса его точности, документальное оформление поверки протоколом.

Поверяемый прибор не должен иметь повреждений указателя (стрелки), корректора, корпуса и стекла шкалы. Все его клеммы и контакты, электрические цепи должны быть исправны.

Электроизмерительные приборы классов точности 0,5; 1,0; 1,5; 2,5 и 4,0 поверяются по методу сличения их показаний с показаниями рабочих эталонов. Такой метод поверки требует выполнения следующих метрологических условий:

1. Допустимая абсолютная погрешность рабочего эталона должна быть не менее чем в 4 раза меньше допустимой абсолютной погрешности поверяемого прибора, или в 2,5 раза меньше при введении поправок в показания рабочего эталона.

2. Диапазоны частот и диапазоны измерений рабочих эталонов должны включать соответствующие диапазоны поверяемого прибора.

3. Указатели (стрелки) приборов устанавливаются корректором на нулевую отметку шкалы при отключенных цепях тока и напряжения.

4. Поверка прибора осуществляется на *всех числовых отметках* шкалы не менее *двух* раз на каждой отметке: один раз при возрастании (от 0 до верхнего предела шкалы), второй раз при убывании (от верхнего предела шкалы до 0) измеряемой величины.

Наряду с основной и дополнительными погрешностями при установлении классов точности электромеханических приборов нормируется *вариация показаний*.

*Вариация показаний* измерительного прибора – разность показаний прибора в одной и той же точке диапазона измерений при плавном подходе к этой точке со стороны *меньших* и *больших* значений измеряемой величины.

Если для измерительного прибора нормируется приведенная погрешность, то и *вариация показаний* выражается в процентах от нормирующего значения  $X_N$ :

$$V = \frac{X_B - X_Y}{X_N} \cdot 100, \quad (1.4)$$

где  $V$  – вариация показаний прибора;  $X_b$  – показание эталона при возрастающих, а  $X_y$  – при убывающих значениях измеряемой величины.

Для технических приборов *вариация* показаний не должна превышать *абсолютного значения основной приведенной погрешности прибора*.

По данным поверки определяются наибольшая *основная приведенная погрешность* и *вариация* и если они *меньше предельного допустимого значения* для данного класса точности, то делается заключение о годности прибора, в противном случае прибор признается *негодным*.

### Порядок выполнения работы

#### Поверка амперметра электромагнитной системы

1. Собрать схему поверки (рис. 1.1).
2. Проверить положения указателей на нулевых делениях шкалы при отсутствии тока в цепи и, если необходимо, установить их с помощью корректора.
3. Включить стабилизированный источник питания  $A$ , подать напряжение с помощью автоматического выключателя  $QF$  и с помощью ЛАТРа установить номинальный ток поверяемого амперметра, при котором прогреть прибор в течение 15 мин.

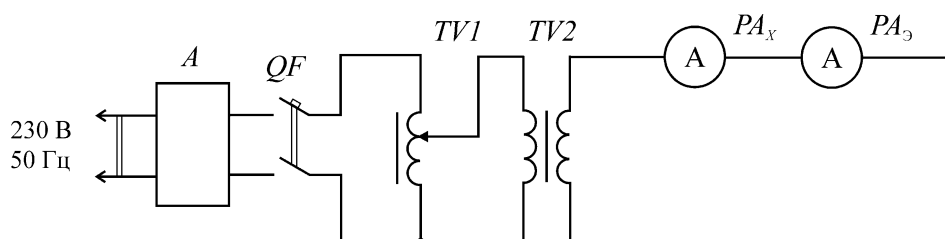


Рис. 1.1. Схема лабораторной установки для поверки амперметра:

$A$  – стабилизированный источник питания;  $QF$  – автоматический выключатель;  $PA_x$  – поверяемый амперметр;  $PA_y$  – эталонный амперметр;  $TV1$  – ЛАТР;  $TV2$  – понижающий трансформатор

4. Произвести поверку амперметра в два хода: сначала при увеличении его показаний до верхнего предела диапазона измерений, затем – при уменьшении их до нуля. Поверке подлежат все числовые отметки шкалы поверяемого амперметра. Значение тока устанавливать по поверяемому амперметру.

5. Результаты измерений и расчетов занести в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Результаты измерений и вычислений

Измерено			Вычислено						
$I$	$I_{дв}$	$I_{ду}$	$\Delta I_b$	$\Delta I_y$	$\delta_b$	$\delta_y$	$\gamma_b$	$\gamma_y$	$V$
А	А	А	А	А	%	%	%	%	%
0	0	0	0	0	–	–	0	0	0
0,2									
0,4									
0,6									
0,8									
1,0									

6. По результатам поверки дать заключение о годности поверяемого прибора.

### Проверка вольтметра электромагнитной системы

1. Собрать схему проверки (рис. 1.2).
2. Проверить установку указателей на нулевых делениях шкал при отсутствии напряжения.
3. Подать напряжение и с помощью ЛАТРа установить стрелку на верхнюю отметку шкалы проверяемого вольтметра, прогреть его в течение 15 мин.
4. Произвести проверку вольтметра в два хода во всех числовых отметках шкалы.
5. Результаты измерений и расчетов занести в табл. 1.2.

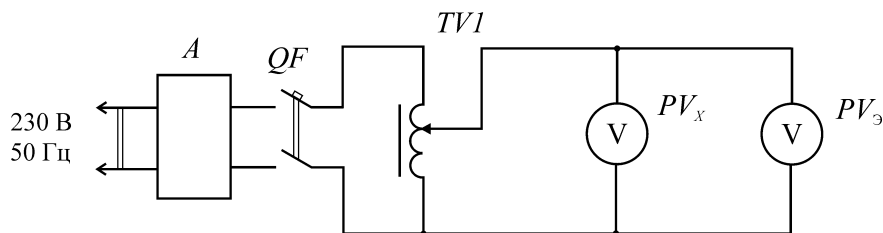


Рис. 1.2. Схема лабораторной установки для проверки вольтметра:  
 $PV_x$  – проверяемый вольтметр;  $PV_3$  – эталонный вольтметр

7. Дать заключение о годности проверяемого вольтметра.

Таблица 1.2

#### Результаты измерений и вычислений

Измерено					Вычислено				
$U$	$U_{дв}$	$U_{ду}$	$\Delta U_B$	$\Delta U_Y$	$\delta_B$	$\delta_Y$	$\gamma_B$	$\gamma_Y$	$V$
В	В	В	В	В	%	%	%	%	%
0	0	0	0	0	–	–	0	0	0
50									
100									
150									
200									
250									

#### Выводы:

#### Контрольные вопросы

1. Что понимается под абсолютной погрешностью?
2. Что называется относительной погрешностью?
3. Каковы причины основной и дополнительных погрешностей?
4. Что называется приведенной погрешностью и что она характеризует?
5. Что называется классом точности прибора?
7. Что такое вариация показаний прибора?
8. Что означает число, обозначающее класс точности измерительного прибора?
9. Что понимается под проверкой измерительного прибора и когда она производится?

## ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ И ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ

Цель работы:

1. Изучить устройство и принцип действия термопреобразователей сопротивления и термоэлектрических преобразователей.
2. Изучить устройство и принцип действия измерителя-регулятора МТ2.
3. Произвести поверку измерителя-регулятора МТ2.

### Общие сведения

**Измерительные преобразователи.** При измерении температуры в качестве измерительных преобразователей наиболее часто используются *термопреобразователи сопротивления* (термометры сопротивления) и *термоэлектрические преобразователи* (термопары).

**Принцип действия термопреобразователей сопротивления** (ТС) основан на свойстве металлов изменять свое электрическое сопротивление при изменении температуры.

Основной частью термопреобразователя сопротивления является *чувствительный элемент* (ЧЭ). Чувствительный элемент представляет собой резистор, выполненный из металлической проволоки или пленки с выводами для крепления соединительных проводов, имеющий известную зависимость электрического сопротивления от температуры.

Каркас с чувствительным элементом помещается в корпус защитной арматуры. Общий вид термопреобразователя представлен на рис. 13.1.



Рис. 13.1. Общий вид термопреобразователя сопротивления

Наибольшее распространение получили термопреобразователи с *платиновыми* и *медными* чувствительными элементами.

Основными характеристиками термопреобразователя сопротивления являются (ГОСТ 6651–2009):

1) номинальное сопротивление  $R_0$  – нормированное изготовителем сопротивление ТС при  $0\text{ }^\circ\text{C}$ , округленное до целых единиц, указанное в его маркировке и рекомендуемое для выбора из ряда: 10, 50, 100, 500, 1000 Ом;

2) температурный коэффициент  $\alpha$ , определяемый по формуле  $\alpha = \frac{R_{100} - R_0}{R_0 \cdot 100\text{ }^\circ\text{C}}$ , где  $R_{100}$  и

$R_0$  – значения сопротивления ТС при  $100\text{ }^\circ\text{C}$  и  $0\text{ }^\circ\text{C}$ ;

3) номинальная статическая характеристика (НСХ) – зависимость сопротивления ТС от температуры с конкретным значением  $R_0$ , которая рассчитывается по формулам, приведенным в ГОСТ 6651–2009 или же представленная в виде таблицы.

Условное обозначение НСХ состоит из значения номинального сопротивления  $R_0$  и обозначения типа: М – медный с  $\alpha = 0,00428\text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ , П – платиновый с  $\alpha = 0,00391\text{ }^\circ\text{C}^{-1}$  и Pt – платиновый с  $\alpha = 0,00385\text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ . Русское обозначение типа приводят за значением номинального сопротивления, латинское обозначение – перед значением номинального сопротивления. Например: 100П означает НСХ для платинового ТС с  $\alpha = 0,00391\text{ }^\circ\text{C}^{-1}$  и  $R_0 = 100\text{ Ом}$ ; Pt100 означает НСХ для платинового ТС с  $\alpha = 0,00385\text{ }^\circ\text{C}^{-1}$  и  $R_0 = 100\text{ Ом}$ .

Медные термопреобразователи сопротивления можно применять для измерения температуры в диапазоне от  $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+200\text{ }^{\circ}\text{C}$ , платиновые – от  $-260\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+600\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

**Принцип действия термоэлектрических преобразователей** основан на *термоэлектрическом эффекте* (эффекте Зеебека), сущность которого заключается в том, что при соединении двух разнородных проводников в месте их соединения возникает ЭДС (термоЭДС), зависящая от рода материала проводников и температуры места соединения. Проводники, образующие термопару, называются *термоэлектродами*. Место соединения термоэлектродов называется *рабочим* или *горячим* спаем. Противоположные концы называются *холодными* или *свободными* (рис. 13.2).

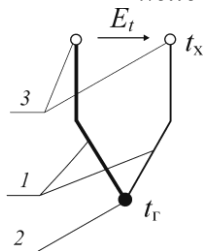


Рис. 13.2. Термоэлектрический преобразователь (термопара):  
1 – термоэлектроды; 2 – горячий (рабочий) спай; 3 – холодные (свободные) концы

ТермоЭДС, развиваемая термопарой, пропорциональна разности температур горячего спая и холодных концов и для небольшого диапазона температур может быть выражена линейной зависимостью:

$$E_t = \alpha(t_r - t_x), \quad (13.1)$$

где  $t_r$  – температура горячего спая;  $t_x$  – температура свободных концов;  $\alpha$  – коэффициент, зависящий от материала термоэлектродов и диапазона температур.

В общем случае НСХ термопар для всего диапазона измерений являются нелинейными и при их использовании для измерения температуры необходимо предусматривать меры по линеаризации.

В качестве термоэлектродов могут использоваться различные металлы и их сплавы. В табл. 13.1 приведены наиболее широко используемые термопары и их основные характеристики (СТБ ГОСТ Р 8.585–2004).

Таблица 13.1

Характеристики термоэлектрических преобразователей

Материал термоэлектродов	Обозначение типа (НСХ)	Диапазон измерений, $^{\circ}\text{C}$
Хромель-копель	L	от $-20$ до $+600$
Железо-константан	J	от $-200$ до $+800$
Хромель-алюмель	K	от $-20$ до $+1100$
Платинородий (10 %)-платина	S	от $0$ до $+1300$

**Приборы для измерения температуры.** Для измерения температуры совместно с термопреобразователями сопротивления используются *магнитоэлектрические логометры, автоматические мосты и цифровые измерительные приборы*.

Для измерения температуры совместно с *термоэлектрическими преобразователями* используются *магнитоэлектрические милливольтметры, автоматические компенсаторы (потенциометры) и цифровые измерительные приборы*.

В настоящее время в мире выпускается широкая номенклатура цифровых приборов для измерения и регулирования температуры.

Одним из таких приборов является измеритель-регулятор МТ2, представляющий собой программируемое микропроцессорное устройство.

В самом общем виде структурная схема прибора представлена на рис. 13.3.

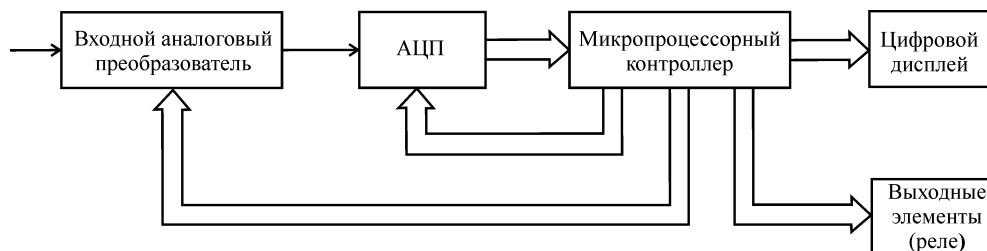


Рис. 13.3. Структурная схема измерителя-регулятора МТ2

*Входной аналоговый преобразователь* преобразует сопротивление термопреобразователя или термоЭДС термоэлектрического преобразователя в напряжение постоянного тока.

Напряжение поступает на вход *аналого-цифрового преобразователя* (АЦП), где оно преобразуется в *цифровой код*, который далее обрабатывается *микропроцессорным контроллером*.

Микропроцессорный контроллер, оперируя цифровым кодом, производит линейризацию номинальной статической характеристики измерительного преобразователя. Также им производится компенсация сопротивления соединительных проводов при трехпроводном подключении термопреобразователя сопротивления или введение поправки на температуру свободных концов термоэлектрического преобразователя (для измерения температуры свободных концов термопары служит пленочный чувствительный элемент с НСХ Pt100, расположенный рядом с клеммами для подключения).

Далее контроллер производит дешифрацию цифрового кода и выдает сигнал на цифровой дисплей, представляющий собой три или четыре (в зависимости от модификации прибора) семисегментных светодиодных индикатора и отображающий измеренное значение в цифровом виде.

Кроме этого микроконтроллер управляет выходными коммутационными элементами (электрохимическими или полупроводниковыми реле) в соответствии с заложенным в программу алгоритмом регулирования, что позволяет не только измерять температуру, но и использовать прибор в системах автоматического регулирования.

**Проверка измерителя-регулятора МТ2.** При проведении проверки основной операцией является определение основной приведенной погрешности.

Определение погрешности измерения осуществляется после установления рабочего режима прибора не менее чем в пяти точках  $N_i$  диапазона измерений прибора, интервал между которыми не должен превышать 30 % диапазона, включая нижний и верхний пределы диапазона. Отсчет показаний прибора производится по истечении 3 с после подачи входного сигнала.

Для определения основной приведенной погрешности прибора *работающего с термопреобразователем сопротивления* используется магазин сопротивлений класса точности не ниже 0,05 и градуировочная таблица (номинальная статическая характеристика) термопреобразователя сопротивления (ГОСТ 6651–2009).

На вход прибора вместо термопреобразователя сопротивления подключается магазин сопротивлений. Плавным изменением сопротивления магазина сопротивлений добиваются состояния, при котором на индикаторе прибора устойчиво индицируется требуемое значение температуры, соответствующее проверяемой точке  $N_i$  диапазона, и считывают значение сопротивления, полученное на магазине сопротивлений. Аналогично снимают показания в других точках диапазона измерений.

Основную приведенную погрешность измерения в каждой точке определяют по формуле:

$$\gamma = \frac{R - R_{Гр}}{R_k - R_n} \cdot 100, \quad (13.2)$$

где  $R_{Гр}$  – сопротивление, соответствующее проверяемой точке диапазона по градуировочной таблице ГОСТ 6651–2009;  $R$  – значение сопротивления по эталонному магазину сопротивлений, соответствующее проверяемой точке диапазона;  $R_k$  и  $R_n$  – значения сопротивлений, соответствующие конечной и начальной точкам диапазона измерений по градуировочной таблице.



Погрешность, рассчитанная по формуле (13.2), должны быть не более  $\pm 0,5\%$  (предела допускаемой основной приведенной погрешности, который указывается на этикетке и в паспорте прибора).

### Порядок выполнения работы

1. Изучить назначение, устройство и принцип действия термопреобразователей сопротивления, термоэлектрических преобразователей, измерителя-регулятора МТ2.

2. Произвести поверку измерителя-регулятора МТ2, работающего совместно с термопреобразователем сопротивления с НСХ 50М, руководствуясь приведенными выше рекомендациями.

Магазин сопротивлений подключается к прибору в соответствии со схемой, показанной на рис. 13.4.

Градуировочная таблица термопреобразователя сопротивления с НСХ 50М, приведена в табл. 13.2.

Результаты измерений занесите в табл. 13.3.

3. По результатам поверки сделайте вывод о пригодности измерителя-регулятора МТ2.

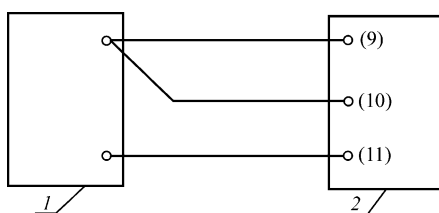


Рис. 13.4. Схема подключения магазина сопротивлений к измерителю-регулятору МТ2:  
1 – магазин сопротивлений; 2 – измеритель-регулятор МТ2

Таблица 13.2

### Номинальная статическая характеристика термопреобразователя сопротивления 50М

Температура, °С	Сопротивление, Ом
-50	39,23
0	50,00
50	60,70
100	71,39
150	82,08
200	92,78

Таблица 13.3

### Основная приведенная погрешность измерителя-регулятора МТ2

Измерено			Вычислено
$t, ^\circ\text{C}$	$R_{гр}, \text{Ом}$	$R, \text{Ом}$	$\gamma, \%$
-50			
0			
50			
100			
150			
200			

## **Выводы:**

### **Контрольные вопросы**

1. На чем основан принцип действия термопреобразователей сопротивления?
2. Какие материалы используются в чувствительных элементах термопреобразователей сопротивления?
3. Что означает  $R_0$  для термопреобразователей сопротивления?
4. Что означает коэффициент  $\alpha$  для термопреобразователей сопротивления?
5. Как обозначаются НСХ термопреобразователей сопротивления?
6. На чем основан принцип действия термоэлектрических преобразователей?
7. Какие термоэлектрические преобразователи наиболее широко используются в настоящее время, как они обозначаются?
8. Объяснить устройство и принцип работы измерителя-регулятора МТ2.

**Вопросы к экзамену в 2024 г.**  
по дисциплине «Метрология и электроизмерительная техника»

1. Основные метрологические понятия и определения. Международная система единиц (СИ).
2. Классификация средств измерений (меры, измерительные приборы, измерительные преобразователи, компараторы, измерительные установки, измерительные системы). Эталоны единиц величин.
3. Меры электрических величин: ЭДС, сопротивления, индуктивности, взаимной индуктивности, емкости.
4. Виды измерений (прямые, косвенные, совокупные и совместные).
5. Методы измерений. Метод непосредственной оценки. Методы сравнения мерой (нулевой, дифференциальный, замещения).
6. **Классификация погрешностей измерений и средств измерений (по способу выражения, по характеру проявления, по причине возникновения, по условиям в которых определяется, по режиму измерений).**
7. Законы распределения и характеристики случайных погрешностей. Доверительная вероятность и доверительный интервал.
8. Обработка результатов прямых измерений с многократными равноточными наблюдениями.
9. Обработка результатов косвенных измерений.
10. **Основные характеристики средств измерений. Основные метрологические характеристики (функция преобразования, чувствительность, цена деления, диапазон показаний, диапазон измерений, вариация показаний).**
11. **Нормирование метрологических характеристик средств измерений. Классы точности средств измерений.**
12. Государственная система обеспечения единства измерений: нормативно-правовые основы; основные принципы; сфера законодательной метрологии.
13. Метрологическая служба Республики Беларусь.
14. Государственный метрологический надзор.
15. Метрологическая оценка: утверждение типа средств измерений; поверка средств измерений; калибровка средств измерений.
16. Технические нормативно правовые акты (ТНПА) в области технического нормирования и стандартизации: технические регламенты (ТР); технические кодексы установившейся практики (ТКП); стандарты; технические условия (ТУ).
17. Национальная система подтверждения соответствия Республики Беларусь. Цели, принципы, виды и объекты оценки соответствия.
18. Формы подтверждения соответствия требованиям ТНПА в области технического нормирования и стандартизации.
19. Общие сведения по устройству и принципу действия электромеханических приборов.
20. Моменты, действующие на подвижную часть электромеханических приборов.
21. Магнитоэлектрические, электромагнитные, электродинамические, ферродинамические, электростатические и индукционные измерительные механизмы и приборы (устройство, принцип действия, основные достоинства и недостатки).
22. Мосты постоянного тока.
23. Мосты переменного тока.
24. Компенсаторы постоянного тока.
25. Электронные аналоговые и регистрирующие приборы (электронные вольтметры, электронные омметры, электронно-лучевые осциллографы).
26. Общие сведения по устройству и принципу действия цифровых измерительных приборов (ЦИП).
27. Методы кодирования в ЦИП.
28. Цифровой частотомер и периодомер.
29. Цифровой вольтметр с время-импульсным преобразованием.

30. Устройства для расширения диапазонов измерения (масштабные измерительные преобразователи: шунты и добавочные сопротивления, делители напряжения, измерительные трансформаторы тока и напряжения).
31. Измерительные информационные системы (ИИС).  
Принципы построения ИИС. Основные структуры ИИС. Организация интерфейса.
32. Измерение тока и напряжения в цепях постоянного и переменного тока промышленной и повышенной частоты.
33. Методы и средства измерения активной мощности в однофазных и трехфазных цепях. Учет активной энергии.
34. Методы и средства измерения реактивной мощности в трехфазных цепях. Учет реактивной энергии.
35. Методы и средства измерения сопротивления.
36. Методы и средства измерения параметров конденсаторов ( $C$  и  $\text{tg}\delta$ ).
37. Методы и средства измерения параметров катушек индуктивности ( $L$  и  $Q$ ) и магнитосвязанных катушек ( $M$ ).
38. Методы и средства измерения частоты.
39. Общие вопросы измерения неэлектрических величин электрическими средствами.  
Структурная схема измерительной цепи.
40. Измерительные преобразователи неэлектрических величин: генераторные (индукционные, пьезоэлектрические, термоэлектрические) и параметрические (индуктивные, тензочувствительные, термочувствительные, емкостные).
41. Измерительные преобразователи и приборы для измерения температуры.
42. Методы и средства измерений уровня жидкостей.
43. Методы и средства измерений давления жидкостей и газов.
44. Методы и средства измерения расхода жидкостей и газов.

Утверждены на заседании кафедры электротехники 01.09.2023, протокол №1

Зав. кафедрой

А.И.Зеленькевич

**!!! Вопросы, выделенные жирным шрифтом, относятся к разряду «это должен знать каждый всегда» и будут задаваться при собеседовании.**