

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Карякин Андрей Виссарионович
Должность: Руководитель НТИ НИЯУ МИФИ
Дата подписания: 16.01.2025 13:06:34
Уникальный программный ключ:
2e905c9a64921ebc9b6e02a1d35ea14517858874

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»
Новоуральский технологический институт—
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(НТИ НИЯУ МИФИ)

Колледж НТИ

Цикловая методическая комиссия общетехнических дисциплин энергетики и
электроники

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЛАБОРАТОРНЫМ ЗАНЯТИЯМ ОП.17 СРЕДСТВА И МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

для студентов колледжа НТИ НИЯУ МИФИ,
обучающихся по программе среднего профессионального образования

специальность 11.02.16

«Монтаж, техническое обслуживание и ремонт электронных приборов и устройств»

очная форма обучения

на базе основного общего образования

квалификация

специалист по электронным приборам и устройствам

Новоуральск 2021

ОДОБРЕНО:

на заседании цикловой методической комиссии общетехнических дисциплин, энергетики и электроники

Протокол № 03 от 08.11.2021

Председатель ЦМК ОТДЭиЭ



А.Н.Стародубцева

Разработана на основе Федерального государственного образовательного стандарта, утвержденного приказом Минобрнауки России от 04.10.2021 № 691 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования по специальности 11.02.16 Монтаж, техническое обслуживание и ремонт электронных приборов и устройств (Зарегистрировано в Минюсте России 12.11.2021 № 65793) в части совокупности требований, обязательных при реализации основной профессиональной образовательной программы базовой подготовки выпускников очной формы получения образования на базе основного общего образования, в соответствии с компетентностной моделью выпускника, действующим учебным планом колледжа НТИ НИЯУ МИФИ по специальности 11.02.16 Монтаж, техническое обслуживание и ремонт электронных приборов и устройств.

Методические указания к лабораторным работам по ОП.17 «Средства и методы измерения технологических параметров» для специальности 11.02.16 Монтаж, техническое обслуживание и ремонт электронных приборов и устройств среднего профессионального образования базового уровня, очной (очно-заочной, заочной) формы обучения. – г. Новоуральск: колледж НТИ НИЯУ МИФИ ,2021.-26с.

АННОТАЦИЯ

Методические указания к лабораторным работам по ОП.17 «Средства и методы измерения технологических параметров» для предназначена для реализации государственных требований к минимуму содержания и уровню подготовки выпускников по специальности 11.02.16 Монтаж, техническое обслуживание и ремонт электронных приборов и устройств среднего профессионального образования базового уровня, обучающихся на базе основного общего образования .

Автор: А.Н. Стародубцева
Редактор: А.Н. Стародубцева

СОДЕРЖАНИЕ

1	1 ВВЕДЕНИЕ	4
2	ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ 1 «ПОВЕРКА МИЛЛИВОЛЬТМЕТРА РЕГУЛИРУЮЩЕГО ТИПА МР-64-02»	6
3	ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ 2 «ПОВЕРКА ЛОГОМЕТРА. ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ТЕРМОМЕТРОМ СОПРОТИВЛЕНИЯ С ЛОГОМЕТРОМ Л-64И»	11
4	ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ 3 «ПОВЕРКА ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ТЕРМОМЕТРОВ»	17
5	ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ 4 «АВТОМАТИЧЕСКИЙ ЭЛЕКТРОННЫЙ МОСТ КСМ2-029 С ТЕРМОМЕТРАМИ СОПРОТИВЛЕНИЯ гр. 22»	23

1 ВВЕДЕНИЕ

Общепрофессиональная дисциплина ОП.17 «Средства и методы измерения технологических параметров» входит в профессиональный цикл .

Цель и планируемые результаты освоения междисциплинарного курса:

Код ПК, ОК	Умения	Знания
ОК.01, ОК 02, ОК 03, ОК.04 ПК.4.2.	<p>Определять электроэнергетические параметры электрических машин и аппаратов, электротехнических устройств и систем;</p> <p>Подбирать технологическое оборудование для ремонта и эксплуатации электрических машин и аппаратов, электротехнических устройств и систем, определять оптимальные варианты его использования;</p> <p>Организовывать и выполнять наладку, регулировку и проверку электрического и электромеханического оборудования;</p> <p>Проводить анализ неисправностей электрооборудования;</p> <p>Эффективно использовать материалы и оборудование;</p> <p>Заполнять маршрутно-технологическую документацию на эксплуатацию и обслуживание отраслевого электрического и электромеханического оборудования;</p> <p>Оценивать эффективность работы электрического и электромеханического оборудования;</p> <p>Осуществлять технический контроль при эксплуатации электрического и электромеханического оборудования;</p> <p>осуществлять метрологическую поверку изделий;</p> <p>Производить диагностику оборудования и определение его ресурсов;</p> <p>Прогнозировать отказы и обнаруживать дефекты электрического и электромеханического оборудования;</p>	<p>Технические параметры, характеристики и особенности различных видов электрических машин;</p> <p>Классификацию основного электрического и электромеханического оборудования отрасли;</p> <p>Элементы систем автоматики, их классификацию, основные характеристики и принципы построения систем автоматического управления электрическим и электромеханическим оборудованием;</p> <p>Классификацию и назначение электроприводов, физические процессы в электроприводах;</p> <p>Выбор электродвигателей и схем управления;</p> <p>Устройство систем электроснабжения, выбор элементов схемы электроснабжения и защиты;</p> <p>Физические принципы работы, конструкцию, технические характеристики, области применения, правила эксплуатации электрического и электромеханического оборудования; -условия эксплуатации электрооборудования;</p> <p>Действующую нормативно-техническую документацию по специальности;</p> <p>Порядок проведения стандартных и сертифицированных испытаний;</p> <p>-правила сдачи оборудования в ремонт и приёма после ремонта;</p> <p>Пути и средства повышения долговечности оборудования;</p> <p>Технологию ремонта внутрицеховых сетей, кабельных линий, электрооборудования трансформаторных подстанций, электрических машин, пускорегулирующей аппаратуры</p>

ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ 1

ПОВЕРКА МИЛЛИВОЛЬТМЕТРА РЕГУЛИРУЮЩЕГО ТИПА МР-64-02

1 Цель занятия – ознакомление студентов с принципом действия, конструкцией и техническими характеристиками милливольтметра регулирующего типа МР-64-02, а также получение практических навыков по его поверке.

2 НАЗНАЧЕНИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МИЛЛИВОЛЬТМЕТРА РЕГУЛИРУЮЩЕГО ТИПА МР-64-02

Милливольтметр типа МР-64-02 щитовой профильный прибор с двухпозиционным регулирующим устройством магнитоэлектрической системы класса 1,5 предназначен для измерения и двухпозиционного регулирования температуры, соответствует требованиям ГОСТ 9736-68 и техническим условиям ТУ-25-04-3042-6.

Прибор предназначен для работы при температуре окружающего воздуха от 10 до 35 °С и относительной влажности до 80%.

Основная погрешность милливольтметра на всех числовых отметках шкалы не превышает $\pm 1,5\%$ от диапазона измерений.

Изменение показаний милливольтметра, вызванное отклонением температуры окружающего воздуха от нормальной 20 ± 5 °С до любой температуры в пределах рабочих температур (от 10 до 35 °С), не превышает $\pm 1,5\%$ от диапазона измерений.

Электрическое сопротивление изоляции токоведущих цепей милливольтметра, между собой и относительно корпуса при нормальных условиях (температура 20 ± 5 °С относительная влажность до 80%) должно быть не менее 100МОм.

Питание контактного устройства осуществляется от сети переменного тока напряжением 220 В и частотой 50 Гц. При температуре ниже значения, заданного указателем контактного устройства, выходные контакты реле замкнуты, выше заданного значения – разомкнуты.

Погрешность срабатывания контактного устройства при напряжении питания 220 В не превышает $\pm 2,25\%$.

Принцип измерения температуры милливольтметром в комплекте с термоэлектрическим термометром основан на измерении термоэлектродвижущей силы, возникающей в термоэлектрическом термометре при наличии разности температур между рабочим концом термоэлектрического термометра, спаем из двух разнородных проводников, помещенных в измеряемую среду, и его свободными концами.

Под влиянием термо-ЭДС по цепи милливольтметра будет протекать электрический ток, который проходит через рамку показывающего прибора, создает магнитное поле. Взаимодействие этого поля с полем постоянного магнита вызывает поворот рамки на угол пропорциональный термо-ЭДС.

Противодействующий момент создается двумя спиральными пружинами, служащими одновременно токоподводами к рамке.

Для компенсации влияния окружающей температуры на показания милливольтметра служит термокомпенсатор, представляющий собой терморезистор (R_1), имеющий отрицательный температурный коэффициент, зашунтированный манганиновым резистором (R_{17}).

Для подгонки милливольтметра на заданный диапазон измерений служит добавочный резистор (R_{18}), намотанный из манганиновой проволоки.

Схема электрическая принципиальная милливольтметра двухпозиционного регулирования показана на рисунке 1.

Контактное устройство состоит из высокочастотного автогенератора с индуктивными обмотками на ферритовых сердечниках (датчиках) и усилителя на трех транзисторах VT2 - VT4.

В коллекторную цепь выходного транзистора VT4 включена обмотка управляющего реле, контакты которого используются для управления объектом регулирования.

Принцип действия контактного устройства основан на срыве и восстановления генерации при вводе и выводе экрана, жёстко укрепленного на указателе измерительного прибора, в зазор между контурными катушками автогенератора L_1 и L_2 .

Для обеспечения заданной температуры на объекте указатель контактного устройства устанавливается на соответствующую отметку шкалы. Жёстко связанный с указателем датчик занимает положение, обусловленное местонахождением указателя. При температуре ниже заданной указателем, датчик – автогенератор генерирует высокочастотные колебания (экран находится вне катушек L_1 и L_2 которые после выпрямителя поступают на усилитель релейного типа-(транзистор VT4).

Ток через обмотку управляющего реле увеличивается, его нормально открытые контакты, используемые для управления объектом, закрываются – реле срабатывает. Контакты реле соединены с цепью промежуточного реле или непосредственно с управляемым объектом.

При достижении на объекте заданной температуры, указатель показывающего прибора установится против указателя контактного устройства: экран, установленный на указателе показывающего прибора, водит в зазор между контурными катушками автогенератора L_1 и L_2 генерация срывается, транзистор VT4 закрывается, реле обесточивается и его контакты размыкаются.

При понижении температуры весь процесс регулирования повторяется в обратном порядке.

Исполнительное реле воздействует на объект, температуру которого регулируют путем включения нагревательных элементов (при замкнутых контактах реле).

Таким образом двухпозиционное контактное устройство работает по принципу "включено - выключено".

Измерительный механизм, терморезистор, шунт к нему, трансформатор и все элементы схемы регулирования закреплены на плате.

Крышка милливольтметра выполнена из алюминиевого сплава и крепится к плате четырьмя винтами.

Контакты утоплены на задней колодке милливольтметра.. На задней колодке, расположена катушка для подгонки милливольтметра на заданный диапазон измерений.

Переводной механизм из оси со шнуром, рычага со стойкой для укрепления шнура и ролика. На рычаге установлен электронный датчик и жестко закреплен указатель контактного устройства в виде стрелки, выведенной на шкалу милливольтметра.

Для перемещения рычага на лицевую сторону выведена ось со шлицем. На электронном датчике укреплен упор, который ограничивает перемещение указателя показывающего прибора вправо так, что при достижении этого упора состояние электронного датчика не изменяется.

При транспортировке милливольтметра этот упор выполняет роль арретира подвижной части, для чего необходимо его вместе с указателем контактного устройства переместить в начале шкалы.

Указатель шкалы милливольтметра выполнен профилированной фольги. На стержне указателя укреплен легкий флажок (экран), который при перемещении указателя проходит между катушками датчика. Шкала милливольтметра отградуирована в °С.

3 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОГО ЗАНЯТИЯ И МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

Проверять основные параметры милливольтметра рекомендуется периодически, не реже одного раза в шесть месяцев, а также перед установкой на новом месте.

Проверка милливольтметра производится с помощью переносного потенциометра Р4833 по схеме рисунок 2.

3.1 Порядок поверки;

3.1.1 Поверяемый Р4833 прибор подсоединить к зажимам "Х" потенциометра;

3.1.2 Разаретировать милливольтметр;

3.1.3 Установить корректором указатель показывающего прибора на нуль;

3.1.4 Установить переключатель потенциометра "Род работы" в положение "Проверка", соответствующее диапазону измерений (25,5 или 100 мВ);

3.1.5 Установить указатель контактного устройства на конец шкалы;

3.1.6 Включить питание потенциометра.

3.2 Проверку основной погрешности производят следующим образом: плавно подводят указатель милливольтметра к проверяемым отметкам шкалы с права и слева вращением рукояток реостата "напряжение" на потенциометре.

Измерить напряжение на проверяемом милливольтметре и полученные данные сравнить с градуировочными данными прибора. Проверку производят на всех числовых отметках шкалы.

Основная погрешность вычисляется по формуле.

$$\gamma = \frac{U_1 - U_2}{U_n} \cdot 100\% , \quad (3.1)$$

где γ - основная погрешность;

U_1 - номинальное напряжение в мВ, соответствующее данной числовой отметке прибора;

U_2 - показание образцового потенциометра в мВ;

U_n - номинальное значение напряжения в мВ соответствующее диапазону измерений.

3.3 Для проверки погрешности срабатывания контактного устройства зажимы 220В подсоединить к сети переменного тока 220 В частотой 50Гц.

К зажимам выход милливольтметра последовательно с внешним источником питания подключить сигнальные лампы (рисунок 3).

Указатель контактного устройства устанавливают на проверяемую отметку шкалы и трижды плавно измерять напряжение потенциометра до тех пор пока не погаснет сигнальная лампа (т.е. до срабатывания контактов). При этом измеряют действительную величину, соответствующую срабатывания.

Показания снимать как при плавном увеличении, так и при плавном уменьшении напряжения потенциометра. Среднее из трех полученных показаний сравнить с номинальной величиной, соответствующей и проверяемой шкалы.

Погрешность контактного устройства определяется по формулам (3.2 3.3)

$$\gamma = \frac{u - u_{cp1}}{u_n} \cdot 100\% , \quad (3.2)$$

$$\gamma = \frac{u - u_{cp2}}{u_n} \cdot 100\% , \quad (3.3)$$

где γ - погрешность контактного устройства;

u - значение напряжения в мВ в момент срабатывания контактов при подходе к проверяемой отметке шкалы слева и справа;

u_n - номинальное значение напряжения в мВ соответствующее диапазону измерений.

За погрешность контактного устройства принимается наибольшее из двух полученных значений. Погрешность контактного устройства не должна превышать 1,25 от диапазона измерений.

ПРИМЕЧАНИЕ. Проверку срабатывания контактного устройства проводить только по указанию преподавателя.

3.4 Проверка вариации производится одновременно с определением основной погрешности.

Вариация определяется как наибольшая разность напряжений на оцифрованной отметке шкалы, полученная на потенциометре при плавном увеличении и уменьшении измеряемой величины, выраженная в процентах от диапазона измерений:

$$\gamma = \frac{U_{\max}}{N_k - N_n} \cdot 100\% , \quad (3.4)$$

где U_{\max} - наибольшая разность показаний, полученная при одном и том же значении измеряемой величины, при неизменных внешних условиях;

N_h и N_k - начальное и конечное значение шкалы.

3.5 Результаты поверки заносятся в таблицу 1 и 2

3.4 Определение постоянных милливольтметра по току и напряжению

Постоянная по току определяется по формуле:

$$C_i = \frac{I_{\max}}{n} = \frac{U}{(R_r + R_{вн})_n} , \quad (3.5)$$

где U - показания потенциометра Р4833;

R_r - сопротивление милливольтметра, указанное на шкале прибора;

$R_{вн}$ - внешнее сопротивление, указанное на шкале прибора и установленное 5 Ом на Р4833 (15 Ом);

n - число делений шкалы, на которое отклоняется стрелка милливольтметра..

Постоянная милливольтметра по напряжению определяется по формуле:

$$C_u = C_i \cdot R_r , \quad (3.6)$$

где C_u - постоянная милливольтметра;

C_i - постоянная по току;

R_r - сопротивление милливольтметра, указанное на шкале прибора;

Таблица 1 - Результаты поверки основной погрешности

№№	Показания поверяемого прибора		Показания образцового потенциометра		Основная погрешность	
	°С	мВ	Прямой ход мВ	Обратный ход мВ	$\gamma = \frac{U_1 - U_2}{U_n} \cdot 100\%$	
	t	U	U ₁	U ₂	γ ₁ (пр.ход)	γ ₂ (обр.ход)
1						
2						
3						
4						
5						
6						

Таблица 2 - Результаты поверки вариации

№№	Показания поверяемого прибора		Показания образцового потенциометра				Вариация				
	°С	мВ	Прямой ход мВ				Обратный ход мВ				$\gamma_1 = \frac{U_{\max}}{N_k - N_n} \cdot 100\%$
	t	U	U ₁	U ₂	U ₃	U ₄	U ₁	U ₂	U ₃	U ₄	
1											
2											
3											
4											
5											
6											

4 ПРИБОРЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

- универсальный измерительный прибор Р4833
- милливольтметр регулирующийся типа МР-64-02

5 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет должен содержать:

- наименование и цель занятия;
- принципиальную электрическую схему;
- описание приборов;
- таблицы полученных результатов;
- вывод;

7 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 7.1. Объяснить, какая система милливольтметра используется в работе.
- 7.2. Объяснить, какой прибор является образцовым в этой работе.
- 7.3. Объяснить принцип работы потенциометра Р4833.
- 7.4. Объяснить, как определяется основная погрешность милливольтметра.
- 7.5. Объяснить принцип работы милливольтметра МР-64-02.
- 7.6. Определить чувствительность милливольтметра по току и напряжению.
- 7.7. Дать пояснение, определение номинального значения по току и напряжению милливольтметра МР-64-02.
- 7.8. Дать определение вариации прибора.

ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ 2

ПОВЕРКА ЛОГОМЕТРА. ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ТЕРМОМЕТРОМ СОПРОТИВЛЕНИЯ С ЛОГОМЕТРОМ Л-64И

1 Цель занятия - ознакомиться с принципом действия, конструкцией и основными характеристиками логометра типа Л-64И, изучении методики поверки вторичных приборов работающих с термометрами сопротивления, получении навыков измерения температуры по двух и трехпроводной схеме измерения.

2 НАЗНАЧЕНИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛОГОМЕТРА ТИПА Л-64И

Логометр типа Л-64И, имеющий искробезопасное исполнение в комплекте с сетевым выпрямителем СВ-4И, предназначен для измерения температуры в комплекте с термопреобразователями сопротивления всех номинальных статических характеристик преобразования. Логометр может устанавливаться в помещениях классов В-1, В-1а, В-1б, где возможно образование взрывоопасных смесей всех категории и групп.

Сетевой выпрямитель СВ-4И может устанавливаться только в непроветриваемом помещении.

Допускается температура окружающей среды от +5 °С до +50 °С и относительной влажности воздуха до 80%. Класс прибора - 1,5.

По конструкции логометр представляет собой двухрамочный магнитоэлектрический миллиамперметр (рисунок 1). Подвижная часть, его состоит из двух рамок 1 и 2, жестко скрепленных между собой и соединенных со стрелкой, конец которой перемещается вдоль шкалы. Рамки охватывают неподвижный сердечник С и могут перемещаться в зазоре переменной ширины между полюсами S и N постоянного магнита и сердечником. Вся подвижная система укрепляется по центру сердечника, обычно на керновых опорах. Для подвода тока к рамкам применяют либо безмоментные выводы, практически не создающие противодействующего момента, либо маломощные спиральные пружинки, противодействующий момент, которых много меньше магнитоэлектрического момента рамок.

Обе рамки питаются от общего источника постоянного тока с напряжением E_{Π} . Последовательно с рамкой I включено постоянное сопротивление R_k , а последовательное с рамкой 2 - термометр сопротивления R_t . Сила тока, протекающего по рамке I с сопротивлением R_p будет равна:

$$I_1 = \frac{E_{\Pi}}{R_p^I + R_k}, \quad (2.1)$$

а по рамке 2

$$I_2 = \frac{E_{\Pi}}{R_p^{II} + R_t}, \quad (2.2)$$

где I_1 и I_2 - сила тока;
 E_{Π} - источник питания;
 R_p^I и R_p^{II} - сопротивление рамок,
 R_t - термометр сопротивления.
 R_k - входное сопротивление цепи проверки работы прибора,

Магнитоэлектрические моменты, возникающие в рамках, соответственно равны:

$$M_1 = K_1 B_1 I_1, \quad (2.3)$$

$$M_2 = K_2 B_2 I_2, \quad (2.4)$$

где M_1 и M_2 - магнитоэлектрические моменты;
 K_1 и K_2 - постоянные коэффициенты, определяемые геометрическими размерами рамок числом витков проводов в них;

B_1 и B_2 - магнитные индукции в местах расположения рамок;

I_1 и I_2 - сила тока..

В различных точках зазора переменной ширины магнитная индукция будет различной. Отношение индукции B_1 и B_2 для жестко скрепленных рамок зависит от угла поворота рамок:

$$\nu = \frac{B_1}{B_2}, \quad (2.5)$$

где ν - угол поворота рамок;
 B_1 и B_2 - магнитные индукции в местах расположения рамок.

Пренебрегая влиянием слабо моментных вводов рамок можно принять, что в положении равновесия магнитоэлектрические моменты рамок равны друг другу:

$$K_1 \cdot B_1 \cdot I_1 = K_2 \cdot B_2 \cdot I_2, \quad (2.6)$$

или

$$\frac{B_1}{B_2} = \frac{K_2 \cdot I_2}{K_1 \cdot I_1}, \quad (2.7)$$

где K_1 и K_2 - постоянные коэффициенты, определяемые геометрическими размерами рамок числом витков проводов в них;

B_1 и B_2 - магнитные индукции в местах расположения рамок;

I_1 и I_2 - сила тока

Тогда угол поворота рамок равен

$$v = \frac{f(I_2)}{I_1} = \frac{f(R_1 + R)}{R_p + R_k}, \quad (2.8)$$

где v - угол поворота рамок;

I_1 и I_2 - сила тока

R_p R_p'' - сопротивление рамок,

R_k - входное сопротивление цепи проверки работы прибора,

R_t - термометр сопротивления.

Так как величины R_p , R_p'' , R_k практически постоянны, то

$$v = E(R_t), \quad (2.9)$$

где v - угол поворота рамок;

E - источник питания;

R_1 - сопротивление первой рамки.

т.е. угол отклонения подвижной части логометра является функцией измеряемого сопротивления термометра..

В реальных схемах рамки логометра R_p и R_p'' включают в измерительную диагональ неуравновешенного моста с целью увеличения чувствительности прибора, осуществление температурной компенсации и возможности изменения диапазона измерения путем подбора величин постоянных сопротивлений моста..

Принципиальная схема логометра представлена на рисунке 2. На этой схеме обозначены:

R_1 R_2 R_3 R_4 - постоянные сопротивления из манганина..

R_5 R_6 - соответственно манганиновый и медный резисторы, используемые для температурной компенсации и для измерения угла отклонения подвижной системы.

R_k - входное сопротивление цепи проверки работы прибора,

R_y - уравнивательные резисторы, служащие для подгонки общего сопротивления соединительных проводов до необходимого значения,

$R_{огр}$ - сопротивление ограничение тока,

R_p R_p'' - сопротивление рамок,

R_t - термометр сопротивления.

Взрывобезопасность приборов достигается путем применения источника питания напряжением 4В и ограничением потребляемого тока, для этой цели в цепи питания последовательно с батареей включено ограничивающее сопротивление $R_{огр}$, величина, которого выбирается такой, чтобы ток, потребляемый в рабочем режиме, не превышал 20 мА. При наличии взрывоопасной среды батарея и ограничивающие сопротивления помещаются в специальную коробку, которая выносится во взрывоопасное помещение.

2.1 ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЛОГОМЕТРА

Выпускаемые промышленностью логометры используются в комплекте с медными или платиновыми термометрами сопротивления для измерения температуры в пределах от -200 до +500 °С. Основные технические характеристики логометров, предназначенный для измерения температуры от 0 до 200 °С в комплекте с термометром сопротивления гр. 21. Градуировочная таблица этого термометра представлена в таблице 3.

Термометр сопротивления и источник питания подсоединяются к логометру с помощью зажимов по задней стенке корпуса прибора (рисунок 3, 4). Зажимы 4, 6 служат для подсоединения термометра сопротивления, зажим 7-для подачи положительного полюса источника питания, зажим 8 используется для проверки правильности показаний логометра.

Логометр типа Л-64И может быть использован как в трехпроводной, так к в двухпроводной системе включения (рисунок 2).

При трехпроводной схеме включения термометра сопротивления (рисунок 3) каждый из проводной линии, соединяющий термопреобразователь сопротивления с логометром, вместе со своим уравнивательным резистором (катушкой)

должен иметь сопротивление, равное половине сопротивления линии, указанного на циферблате логометра (7,5 Ом), для этого достаточно отсоединить провода на головке термопреобразователя сопротивления.

Необходимая величина сопротивления каждого из проводов линии достигается путем сматывания части провода с соответствующей катушки для подгонки сопротивления линий.

ПРИМЕЧАНИЕ: Сопротивление катушек, прикладываемых к логометру, равно половине сопротивления линии, указанного на циферблате логометра.

При двухпроводной схеме включения термометра (рисунок 4) сопротивление уравнивательных катушек должно быть исключено. Для этого необходимо закоротить клеммы 5 и 6 и клеммы 3 и 4.

Контроль правильности показания логометра после окончательного монтажа производится следующим образом. До включения источника питания необходимо закоротить зажимы 3 и 8 на колодке логометра, а провод, подключенный к зажиму 2 логометра перенести на зажим 4 (рисунок 3, 4). Включить питание, при этом стрелка логометра должна установиться против красной контрольной отметки шкалы с погрешностью, не более ± 2 мм.

Подгонку сопротивлений внешних линий и контроль правильности показаний логометра нужно производить в помещении с нормальными условиями эксплуатации.

4 ПРИБОРЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

- магазин сопротивлений
- лабораторный стенд, включающий в себя логометр Л-64И, источник питания, лицевую панель, которая служит для коммутации схем измерения и визуального наблюдения результатов эксперимента
- схема лицевой панели лабораторного стенда показана на рисунке 5. Цифрами на панели обозначены

5 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

5.1 Ознакомиться с описанием лабораторного занятия, лабораторным стендом.

5.2 Проверить правильность показаний логометра, по вышеизложенной методике. После этого включить питание и снять закоротку с зажимов 3 и 8.

5.3 Определить порог чувствительности прибора.. Для этого необходимо собрать схему соединения логометра Л-64И при трехпроводном подключении (рисунок 3), используя магазин сопротивлений. С помощью магазина сопротивлений выставить сопротивление, например, соответствующие 50 °С. После успокоения подвижной части прибора изменяем в одну и другую сторону сопротивление магазина. За порог чувствительности принимают такое изменение сопротивления, которое вызывает минимальное, видимое глазом перемещение указателя прибора..

Порог чувствительности прибора определить в трех различных точках шкалы.

5.4 Определить время успокоения подвижной части логометра. Его определяют при номинальном напряжении питания прибора. За время успокоения принимается время, которое проходит с момента включения напряжения или ступенчатого изменения сопротивления термометра до момента, когда указатель не доходит до установившегося положения на 1% от длины шкалы.

5.5 Осуществить поверку логометра с помощью магазина сопротивлений сначала при двухпроводной, затем при трехпроводной схемах включения термометра сопротивления для всех оцифрованных значений шкалы прибора. Определить все необходимые величины в соответствии с таблицей 1. Напряжение питания при проверке должно быть номинальным.

Таблица 1 - Данные поверки логометра двухпроводной схеме измерения

Цифровая отметка На логометре	Сопроти- вление для гр. 22 ($R_{гр}$)	Сопротивление на магазине		Абсолютная погрешность			Относит. погреш- ность %	Приве- денная погреш- ность %	Вари- ация °С	Приве- денная вариация %
		При увели- чении (R_1)	При умень- шении (R_2)	Δ_1	Δ_2	Δ				
0 °С										
50 °С										
100 °С										
150 °С										
200 °С										

ПРИМЕЧАНИЕ:

1. При трехпроводной схеме измерения таблица имеет аналогичную форму.

2. В таблице 1 символами Δ_1 , Δ_2 , Δ обозначены соответственно абсолютные погрешности при увеличении и уменьшении сопротивления на магазине и наибольшая погрешность.

Погрешности и вариация вычисляются следующим образом:

а) абсолютная погрешность

$$\begin{aligned} \Delta_1 &= R_{гр} - R_{1,}, \\ \Delta_2 &= R_{гр} - R_{1,} \end{aligned} \quad (5.10)$$

где Δ_1 и Δ_2 - абсолютные погрешности;
 $R_{гр}$ - сопротивление;
 $R_1 R_2$ - постоянные сопротивления из манганина..

$$\Delta = \max(\Delta_1, \Delta_2);$$

б) вариация (5.11)

$$V = |R_1 - R_2|$$

в) приведенная погрешность

$$\Delta_{пр} = \frac{\Delta}{R_k - R_n}, \quad (5.12)$$

где Δ - абсолютная погрешность;
 R_k - сопротивление, соответствующее поверяемой отметке;
 R_n - сопротивление, соответствующее концу и началу шкалы.

г) приведенная вариация

$$V_{пр} = \frac{V}{R_k - R_n} \cdot 100\%, \quad (5.13)$$

где $V_{пр}$ - приведенная вариация;
 $R_k R_n$ - сопротивление, соответствующее концу и началу шкалы.
 V - вариация.

Погрешность Δ_n обусловленная изменением напряжения питания, определяется по формуле:

$$\Delta_n = \frac{R - R_n}{R_k - R_n} \cdot 100\%, \quad (5.14)$$

где R - сопротивление вызывающее отклонение указателя прибора на поверяемую отметку шкалы после постукивания по корпусу прибора;
 $R_k R_n$ - сопротивление, соответствующее концу и началу шкалы.

6 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет должен содержать:

- наименование и цель занятия;
- принципиальную электрическую схему логометра;
- трехпроводную и двухпроводную схемы включения термометра сопротивления;
- пояснения к схемам;
- результаты проведенных экспериментов, а также таблицы и графики;
- выводы по работе содержащие анализ результатов поверки прибора, результатов измерения по двух-и трехпроводной схеме, влияния напряжения питания на показание прибора;

7 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 7.1 Принцип действия термометров сопротивления.
- 7.2 Устройство термометров сопротивления.
- 7.3 Материалы, используемые при изготовлении термометров сопротивления.
- 7.4 Принцип действия и устройство логометра.
- 7.5 Назначение логометра.
- 7.6 Дать определение порога чувствительности и как он определяется.
- 7.7 Назвать преимущество трехпроводной схемы включения термометра сопротивления и когда она применяется.
- 7.8 Объяснить поверку прибора и ее цель.
- 7.9 Определение подгонки сопротивлений линий и контролирование правильности подгонки.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Болтон У. Карманный справочник инженера-метролога. – М.: Издательский дом «Додэка – XXI», 2018-384с.
- 2 Иванов Г.М., Кузнецов Н.Д., Чистяков В.С. Теплотехнические измерения и приборы. –М.: Энергоиздат, 2016. -229с.
- 3 Старостин В.А Технологические измерения и контрольно-измерительные приборы. -М.: Стройиздат, 2016.-303с.
- 4 Трофимов А.И. Справочник слесаря КИП и А.- М.: Энергоатомиздат, 2016-256с.
- 5 Фарзани Н.Г., Илясов Л.В., Азим-Заде А.Ю. Теплотехнические измерения и приборы. –М.: Высшая школа, 2016.-456с.
- 6 Швецов Е.К. Справочник по проверке и наладке приборов. –Киев: Техника, 2015.-195с.

Таблица 2 - Основные технические характеристики логометров

Пределы измерения		Термометр сопротивления	Градуировка термометра сопротивления
ОТ	ДО		
-50	+50	Медный, R ₀ =53 Ом	Гр. 23
-50	+100	---"---	---"---
0	+150	---"---	---"---
-200	-100	Платиновый, R ₀ =46 Ом	Гр. 21
-200	0	---"---	---"---
-150	0	---"---	---"---
-150	+150	---"---	---"---
-100	+50	---"---	---"---
-100	+100	---"---	---"---
-50	+50	---"---	---"---
0	+50	---"---	---"---
0	+100	---"---	---"---
0	+300	---"---	---"---
0	+400	---"---	---"---
0	+500	---"---	---"---
+200	+500	Платиновый, R ₀ =100 Ом	---"---
-200	-100	---"---	Гр. 22
-200	0	---"---	---"---
-150	0	---"---	---"---
-150	+150	---"---	---"---
-100	0	---"---	---"---
-100	+50	---"---	---"---
-100	+100	---"---	---"---
-50	+50	---"---	---"---
0	+50	---"---	---"---
0	+100	---"---	---"---
0	+300	---"---	---"---
0	+400	---"---	---"---
0	+500	---"---	---"---
+200	+500	---	---

Таблица 3 - Градуировочная таблица термометра

Температура, °С	Сопротивление термометра, Ом
0	46,00
10	47,82
20	49,64
30	51,45
40	53,26
50	55,06
60	56,86
70	58,65
80	60,43
90	62,21
100	63,60
110	65,76
120	67,52
130	69,28
140	71,03
150	72,78
160	74,52
170	76,26
180	77,99
190	79,71
200	81,43

ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ 3

ПОВЕРКА ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ТЕРМОМЕТРОВ

1 Цель занятия – ознакомиться с принципом действия, конструкцией и техническими характеристиками термоэлектрических термометров. Изучить методику и схему поверки термометров, а также приборы, используемые для поверки термоэлектрических термометров. Получить практические навыки по поверке термоэлектрических термометров в лабораторных условиях.

2 НАЗНАЧЕНИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ТЕРМОМЕТРОВ гр. ХК И ПРИБОРА УНИВЕРСАЛЬНОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО Р4833

Действие термоэлектрических термометров гр. ХК основано на свойстве металлов и сплавов создавать термоэлектродвижущую силу, зависимую от температуры места соединения концов двух разнородных проводников, образующих термопару.

Термоэлектрический термометр, состоящий из двух спаянных и изолированных по длине термоэлектродов, защитного чехла и головки с зажимами для подключения соединительной линии, является первичным измерительным преобразователем.

В качестве вторичных приборов, работающих с термоэлектрическими термометрами, применяются магнитоэлектрические милливольтметры и потенциометры.

Термоэлектрические термометры широко применяются в энергетических установках для измерения температуры перегретого пара, дымовых газов, металла труб котлоагрегатов и т.д.

Положительными свойствами их являются:

- большой диапазон измерения;
- высокая чувствительность;
- отсутствие постоянного источника тока и легкость осуществления дистанционной передачи показаний.

Универсальный измерительный прибор Р4833 предназначен для измерения сопротивлений, постоянных Э.Д.С. и напряжений и поверки теплотехнических приборов:

- класс точности прибора при использовании в качестве потенциометра постоянного тока 0,05.
- диапазон измерения Э.Д.С. и напряжений от 0 до 111,1 мВ.
- предел допускаемый основной погрешности прибора при изменении Э.Д.С. и напряжений с использованием внешнего гальванометра определяется по формуле:

$$\Delta U = + (5 \cdot 10^{-4} U + 0,5 U_{\text{min}}), \text{ В} \quad (2.1)$$

где U – данное показание потенциометра, В;

U_{min} – цена одной ступени младшей декады (10^{-5} В).

Допускается основная погрешность с использованием встроенного гальванометра определяется по формуле:

$$\Delta U = + (5 \cdot 10^{-4} U + 1,5 U_{\text{min}}), \text{ В} \quad (2.2)$$

или

$$\Delta U = + (5 \cdot 10^{-4} U + 15 \cdot 10^{-6}), \text{ В} \quad (2.3)$$

Нормальные условия применения:

- температура окружающего воздуха (20±5) °С
- относительная влажность (65±15) %
- рабочее положение – горизонтальное.

Встроенный в прибор источник регулируемого напряжения ИРН ("mV") при напряжении источника питания не менее 1,3 В и сопротивлении нагрузки не менее 25 Ом обеспечивает на зажимах "- X", "mV" напряжение от -5 до +100 мВ.

Дискретность регулирования напряжения не более 0,05% от наибольшего напряжения на зажимах "- X".

Встроенный в прибор источник регулируемого напряжения ИРН ("V") при напряжении источника питания не менее 5,6 В обеспечивает на зажимах "- X", "V" напряжение от 0,5 до 5 В.

Допускаемая основная погрешность резистора сравнения в схеме при измерении сопротивления соединительных линий для автоматических мостов и логометров не более +0,02%

Пределы допускаемой дополнительной погрешности прибора, вызванные изменением температуры окружающего воздуха на каждые 5 °С в пределах рабочих температур от 10 до 35 °С не должны превышать половины значения, определяемого по формуле (2.1).



Устройство и принцип действия

Прибор состоит из магазина сопротивления, моста и потенциометра постоянного тока, источника регулируемого напряжения ИРН ("mV") и ИРН ("V").

Далее магазин сопротивлений и мост не рассматриваются.

На лицевую панель прибора выведены:

- 1) гальванометр
- 2) ручки пятидекадного магазина сопротивления
- 3) ручки переключателя плеч отношений моста

4) кнопки включения чувствительности прибора "  " (грубо) и "  " (точно);

- 5) ручки регуляторов рабочего тока потенциометра первого "1"; "1" и второго "2", "2" контуров;
- 6) ручки регуляторов напряжения ИРН ("mV") " " и " ", ИРН ("V") " " и " " ;
- 7) кнопки переключателя "Сопротивление линии" "0,6 Ω", "1,6 Ω", "5 Ω", "15 Ω", "16 Ω", "25 Ω";
- 8) кнопки рода работ "I" (измерение), "Δ1", "Δ2", "МО-2", "МО-4", "П", "ПmV", "Λ", "ΔR^", "IR^";
- 9) кнопки выбора встроенных или наружных : нормального элемента "НЭ", гальванометра "Г", батареи потенциометра "БП", батареи моста "БМ";
- 10) кнопка "сеть" включения питания прибора от сети;
- 11) кнопка "откл.";
- 12) зажимы "-X", "mV" и "V" для подключения измеряемой ЭДС или напряжения и снятия напряжения от источников регулируемого напряжения;
- 13) зажимы "2,5 Ω" и "7,5 Ω" для имитации соединительных линий при проверке логометров и мостов;
- 14) зажимы "T1", "П1", "T2", "П2" для подключения измеряемого сопротивления по двухзажимной и четырехзажимной схемам измерения;
- 15) зажим "R" для использования магазина сопротивления;
- 16) зажимы "БМ" для подключения наружной батареи моста и источников регулируемого напряжения;
- 17) световая индикация включения сети

Потенциометр постоянного тока служит для измерения ЭДС и напряжения постоянного тока компенсационным методом. Принципиальная схема потенциометра приведена на рисунке 1.

Компенсационное напряжение потенциометра образуется на части измерительного сопротивления первого и второго контура за счет прохождения по нему строго определенного рабочего тока (1mA).

Уравновешивание (компенсация) производится ступенчато декадными переключателями x10; x1; x0,1; x0,01 (рисунок 1).

Установка рабочего тока производится по ЭДС нормального элемента, которая сравнивается с падением напряжения на установочном сопротивлении R3 в первом контуре и на установочном сопротивлении R7 во втором контуре.

Регулировка рабочего тока производится при помощи резистора R1 в первом контуре и резистора R5 во втором контуре. Индикатором компенсации служит гальванометр ИП1, который включается в цепь нормального элемента при установке рабочего тока (при нажатой кнопке "Δ1" - контроль тока первого контура) в первом контуре и (при нажатой кнопке "Δ2" - контроль тока второго контура) во втором контуре, а также в цепь измерения ЭДС или напряжения при нажатой кнопке "I" (B3).

Для уменьшения влияния погрешности подгонки декад и установочного сопротивления контура на погрешность потенциометра установочное сопротивление имеет подстройку.

Питание потенциометра подается от батареи B2 для первого контура и батареи B3 для второго контура.

ИРН ("mV") служит для получения плавно регулируемого напряжения от минус 5 до плюс 100mV, необходимого для проверки пирометрических милливольтметров, и выполнен по мостовой схеме, рисунок 2.

Грубая регулировка производится резистором R2, плавная – резистором R8 (рисунок 2), а для улучшения плавности включены резисторы R5, R7. Для уменьшения выходного сопротивления, а следовательно, и влияния нагрузки на предел регулировки напряжения выход схемы зашунтирован резистором R4.

Источник регулируемого напряжения ИРН ("V") служит для получения плавного регулируемого напряжения 0,5-5 В и для питания логометров при их проверке.

Схема источника приведена на рисунке 2. и представляет собой обычный регулируемый делитель.

При наружном источнике питания ИРН позволяет регулировать напряжение до 30 В.

Подготовка прибора к работе



Перед включением прибора при питании от сети необходимо его надежно заземлить (зажим " "), проверить наличие и исправность предохранителей. Не разрешается применять заменители предохранителей.

При работе с прибором не следует применять провода и вспомогательные устройства, не входящие в комплект.

Перед началом работы должна быть кнопка "откл." (отжаты кнопки "МО-2", "МО-4", "П", "ПmV", "Л", "ΔR^", "IR^"),

отжатая кнопка " ", остальные кнопки и другие органы управления - в любом положении.

Перед началом работы корректором установите стрелку гальванометра на нуль.

Схему, соответствующую определенному ряду работы, и ее питание включите нажатием одной из кнопок "МО-2", "МО-4", "П", "ПmV", "Л", "ΔR^", "IR^", включите - нажатием кнопки "откл.".

Все измерения производите при нажатой кнопке "I", а контроль рабочего тока потенциометра - при нажатой кнопке "Δ1" или "Δ2" (первого или второго контура соответственно).

ВНИМАНИЕ. При подаче на прибор высокого напряжения (свыше 42 В) необходимо соблюдать осторожность и не прикасаться руками к металлическим частям зажимов.

2.1 ПОВЕРКА ПИРАМЕТРИЧЕСКИХ МИЛЛИВОЛЬТМЕТРОВ

И ПОТЕНЦИОМЕТРОВ





Нажмите кнопку переключателя "Сопротивление линии" "0,6 Ω", "1,6 Ω", "5 Ω", "15 Ω", "16,2 Ω" или "25 Ω" (соответствующее сопротивлению линии, указанному на поверяемом милливольтметре).

Нажмите кнопку "ПмV".





Нажмите кнопки "Г", "БП", "НЭ", при использовании встроенных гальванометров, батареи потенциометра, нормального элемента соответственно.

При использовании внешнего гальванометра, батареи потенциометра, нормального элемента, подключение их к зажимам "Г", "БП1", "БП2", "НЭ" соответственно, а кнопки "Г", "БП", "НЭ" отключите.

Нажмите кнопку "Δ1".

Произведите установку (контроль) рабочего тока первого контура потенциометра, для чего установите стрелку гальванометра на нуль вращением ручек "Рабочий ток", "1" , и "1" , вначале при нажатой кнопке "  ", а затем при нажатой кнопке "  ".

Нажмите кнопку "Δ2".



Произведите установку (контроль) рабочего тока первого контура потенциометра, для чего установите стрелку гальванометра на нуль вращением ручек "Рабочий ток", "2" , и "2"  вначале при нажатой кнопке "  ", а затем при нажатой кнопке "  ".

Нажмите кнопку "Г".

Подсоедините поверяемый прибор к зажимам "-X", "mV".

Подведите плавно стрелку прибора к поверяемой отметке шкалы вращением ручек реостатов ИРН ("mV") "v" и "vv".

Измерьте напряжение на выходе ИРН ("mV"), для чего: нажмите кнопку "Г".

Установите стрелку гальванометра на нуль вращением ручек декадных переключателей x10; x1; x0,1; x0,01 вначале при нажатой кнопке "  ", а затем при нажатой кнопке "  ".

Значение измеряемого напряжения в милливольтгах будет равно сумме показаний декад. Определите погрешность поверяемого прибора.

Отключите прибор нажатием кнопки "откл".

ПРИМЕЧАНИЕ.

1. Для уменьшения дрейфа рабочего тока рекомендуется производить измерение через 5-10 мин. После включения прибора и не выключать прибор при непродолжительных перерывах в работе (до 30-60 мин.).

2. Постоянную по току C_i внешнего гальванометра, обеспечивающую необходимую чувствительность потенциометра, можно определить по формуле

$$C_i = \frac{\Delta U}{R_{cx} + R_n + R_r} \quad (2.4)$$

где ΔU – погрешность показаний потенциометра, определенная по формуле (2.1);
 R_{cx} - выходное сопротивление потенциометра, значение которого в Ом равно значению выходного напряжения в милливольтгах;
 R_n – сопротивление подключенного объекта измерения;
 R_r – внутренне сопротивление гальванометра.

3 ПРИБОРЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

- прибор универсальный измерительный Р4833
- термоэлектрический термометр гр. ХК
- муфельная печь
- прибор КСП-4 гр. ХК

4 ЗАДАНИЕ

4.1 Проверка технических термоэлектрических термометров может производиться двумя способами:

- путем сравнения с показателями образцового термометра.
- по реперным точкам равновесия фаз химически чистых веществ.

В первом случае проверку термоэлектрических термометров до температуры 300 °С производят в водяном и масляном термостатах по образцовому термометру.

В интервалах температур 300 – 1200 °С и 900 – 1800 °С, термоэлектрические термометры проверяются в трубчатой электропечи соответственно по образцовому платинородий-платиновому термоэлектрическому термометру. В процессе проверки температура свободных концов термоэлектрических термометров поддерживается постоянной и равной 0 °С.

4.2 Измерение термо – ЭДС образцового и поверяемых термоэлектрических термометров производится с помощью лабораторного потенциометра. Р4833.

5 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

5.1 Нажмите кнопку "П".

5.2 Произведите установку (контроль) рабочего тока.

5.3 Подключите объект измерения к зажимам "-X", "mV", соблюдая полярность.

5.4 Произведите измерения, для чего:

нажмите кнопку "Г";

установите стрелку гальванометра на нуль вращением ручек декадных переключателей $\times 10$; $\times 1$; $\times 0,1$; $\times 0,01$ вначале

при нажатой кнопке "▲", а затем при нажатой кнопке "▼".

Значение измеренного напряжения в милливольтгах будет равно сумме показаний декад.

5.5 Отключите прибор нажатием кнопки "откл".

6 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет должен содержать:

- цель занятия;
- наименование и перечень приборов;
- принципиальную схему потенциометра Р4833;
- схему поверки термоэлектрического термометра гр. ХК;
- таблицы результатов измерений;
- вывод.

Перевод °С в абсолютные милливольты, гр. ХК

Таблица 2 – Градуировочная таблица гр. ХК

С	мВ	°С	мВ	°С	мВ	°С	мВ	°С	мВ
10	0,65	130	9,18	250	18,77	370	28,89	490	39,29
20	1,35	140	9,93	260	19,60	380	29,76	500	40,16
30	1,98	150	10,69	270	20,43	390	30,62	510	41,03
40	2,66	160	11,46	280	21,25	400	31,49	520	41,91
50	3,35	170	12,24	290	22,08	410	32,35	530	42,79
60	4,05	180	13,03	300	22,91	420	33,22	540	43,68
70	4,76	190	13,64	310	23,75	430	34,08	550	44,56
80	5,48	200	14,66	320	24,60	440	34,95	560	45,45
90	6,21	210	15,48	330	25,45	450	35,82	570	46,34
100	6,95	220	16,30	340	26,31	460	36,68	580	47,23
110	7,69	230	17,12	350	27,16	470	37,55	590	48,12
120	8,43	240	17,95	360	28,02	480	38,42	600	49,02

7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

7.1 Назначение и принцип действия прибора Р4833.

7.2 Устройство прибора Р4833.

7.3 Объяснить механизм образования термо-ЭДС термоэлектрического термометра.

7.4 Назвать известные типы термоэлектрических термометров.

7.5 Объяснить, как произвести поверку термоэлектрического термометра в лабораторных условиях.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Болтон У. Карманный справочник инженера-метролога. – М.: Издательский дом «Додэка – XXI», 2018-384с.
- 2 Иванов Г.М., Кузнецов Н.Д., Чистяков В.С. Теплотехнические измерения и приборы. –М.: Энергоиздат, 2016.-229с.
- 3 Старостин В.А Технологические измерения и контрольно-измерительные приборы. -М.: Стройиздат, 2016.-303с.
- 4 Трофимов А.И. Справочник слесаря КИП и А.- М.: Энергоатомиздат, 2016-256с.
- 5 Фарзани Н.Г., Илясов Л.В., Азим-Заде А.Ю. Теплотехнические измерения и приборы. –М.: Высшая школа, 2016.-456с.
- 6 Швецов Е.К. Справочник по проверке и наладке приборов. –Киев: Техника, 2015.-195с.

АВТОМАТИЧЕСКИЙ ЭЛЕКТРОННЫЙ МОСТ КСМ2-029 С ТЕРМОМЕТРАМИ СОПРОТИВЛЕНИЯ гр.

22

1 Целью занятия – является ознакомление с принципом действия, поверкой, конструкцией, техническими характеристиками автоматического моста КСМ-029 и термометрами сопротивления. Измерения шеститочечным мостом при помощи трех термометров.

2 НАЗНАЧЕНИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕРМОМЕТРА СОПРОТИВЛЕНИЯ гр.22 И АВТОМАТИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРОННОГО МОСТА КСМ2-029

Измеритель температуры состоит из автоматического электронного шеститочечного моста и трех платиновых термометров сопротивления гр.22. ($R_0=100 \text{ Ом}$).

Термометр сопротивления

Измерение температуры по электрическому сопротивлению основывается на зависимости их сопротивления от температуры. Электрические термометры сопротивления практически позволяют измерять температуру с высокой степенью точности до $0,02 \text{ }^\circ\text{C}$, а при изменениях небольшой разности температур до $0,0005 \text{ }^\circ\text{C}$.

Принцип действия термометра сопротивления основан на фрикционной связи активного сопротивления некоторых проводников или полупроводников с температурой:

$$R_t = R_0 \cdot e^{\alpha t}, \quad (2.1)$$

где R_t и R_0 – сопротивление при температурах t_1 и t_0 ;
 α – температурный коэффициент электрического сопротивления.

Разлагая выражение (2.1) на ряд Тейлора используя для платинового термометра сопротивления два члена, получим:

$$R_t = R_0 (1 + A_t + B_t^2), \quad (2.2)$$

где A и B – постоянные;
 R_t и R_0 – сопротивление при температурах t_1 и t_0 .

В настоящее время наиболее распространены медные (гр.23,24) и платиновые (гр.20, 21, 22) термометры сопротивления с пределами измерения от -200 до $+30 \text{ }^\circ\text{C}$ и от -50 до $+180 \text{ }^\circ\text{C}$.

На рисунке 1 показаны кривые зависимости величины от температуры для медных и платиновых термометров. Конструкция термометров сопротивления весьма проста. Рассмотрим на примере платинового термометра.

Теплочувствительный элемент представляет собой платиновую проволоку $\phi 0,07 \text{ мм}$ намотанную бифилярно на слюдяную пластинку с зубчатыми краями. Бифилярно намотка необходима для того, чтобы исключить появление индуктивного сопротивления. Пластина с платиновой проволокой покрывается с двух сторон серебряной лентой в пакет. К каждому концу платиновой проволоки приваривается подводящий провод из серебра $\phi 1 \text{ мм}$.

Чувствительный элемент помещают в тонкостенную алюминиевую трубку, в нижней части, которой расположен массивный вкладыш с плоской прорезью для чувствительного элемента. Вкладыш улучшает условия теплопередачи от трубки к чувствительному элементу.

Одной из важнейших характеристик термометра сопротивления является показатель тепловой инерции. Этот показатель определяется при коэффициенте теплоотдачи, практически равном бесконечности, следующим образом:

- термометры сопротивления подсоединяют к мосту КСМ2-029;
- погружают термометры сопротивления в сосуд с водой комнатной температуры ($15-20 \text{ }^\circ\text{C}$) и выдерживают до установления постоянного уровня записи на диаграммной ленте;
- быстро переносят термометры сопротивления в сосуд ($98-100 \text{ }^\circ\text{C}$) и выдерживают до установления постоянного уровня записи;
- определяют показатель тепловой инерции термометра, как отрезок времени (по диаграммной ленте) с момента погружения термометров сопротивления в сосуд с кипящей водой до момента достижения величины показания, составляющего 63% от разности между конечным и начальным уровнями записи.

Мостовая измерительная схема

В основу работы электронных автоматических мостов КСМ2-029 положен нулевой метод измерения сопротивления.

На рисунке 2 представлена принципиальная измерительная схема моста КСМ2-029. Мостовая схема состоит из трех плеч сопротивления R_1, R_2, R_3 и четвертого плеча, в котором включен термометр сопротивления R_t и калиброванное сопротивление-реохорд RP . К точкам СД подключен источник питания – напряжение переменного тока $6,3 \text{ В}$.

Подключение термометров к прибору производится по трехпроводной схеме. В этом случае сопротивление проводов, предназначенных для подсоединения термометров к прибору, распределяется между двумя прилегающими плечами моста. Применение трехпроводной схемы для присоединения термометров снижает величину температурной погрешности, вызванной изменением сопротивления соединительных проводов, (RA) вследствие изменения температуры окружающего воздуха.

При изменении температуры контролируемого объекта изменится сопротивление термометров сопротивления R_t и нарушится равновесие измерительной схемы. В результате в диагонали АВ моста появится напряжение разбаланса, которое

усиливается усилителем до величины, достаточной для приведения в действие реверсивного двигателя. Ось двигателя при помощи шкива и троса связана с кареткой, на которой закреплен движок реохорда и указателя.

Ротор реверсивного двигателя вращается до тех пор, пока существует сигнал, вызванный разбалансом схемы. Одновременно перемещается указатель прибора на шкале и движок по реохорду до наступления равновесия в измерительной схеме. В момент равновесия по положению указателя на шкале определяется значение измеряемой величины.

АВТОМАТИЧЕСКИЙ ЭЛЕКТРОННЫЙ МОСТ КСМ2-029

Основные технические характеристики

- предел измерения 0-500 °С гр.22;
- основная погрешность прибора $\pm 0,5\%$;
- длина шкалы и ширина диаграммной ленты- 160 мм;
- погрешность срабатывания контактов $\pm 1,5\%$ от всей шкалы;
- погрешность реостатного выхода $\pm 0,5\%$ от всей шкалы;
- количество точек- 6;
- время прохождения указателем всей шкалы 10 с;
- длительность цикла печати 12 с;
- скорость продвижения ленты 120 мин/ч;
- напряжение и частота тока питания 220 В, 50 Гц;
- потребляемая мощность 30 Вт;
- сопротивление линии связи $2,5 \pm 0,01$ Ом.

Принципиальная схема автоматического моста КСМ2-029 приведена на рисунке 3. Основными узлами схемы являются;

- измерительная мостовая схема;
- электронный усилитель УПД-1;
- реверсивный двигатель РД.

Измерительная схема моста содержит:

R_1, R_2 – сопротивление для подготовки предела измерения;

R_3, R_4 – постоянные сопротивления в плечах моста;

R_p – сопротивление реохорда (спираль из сплава палладий-вольфрам), навитая на полированную медную проволоку;

$R_{ш}$ – сопротивление шунта, позволяющее при замене реохорда подгонять его приведенное сопротивление к номинальному значению;

R_5 – сопротивление для установки расчетного значения, приведенного сопротивления реохорда, определяющего пределы измерения;

R_d – сопротивление в цепи питания, служащее для ограничения тока через термометр; r_2, r_d – подгоночные спирали;

$R^{\wedge} / 2$ – сопротивление уравнивательных катушек, которые служат для подгонки сопротивления соединительных проводов до расчетного значения 5 Ом. Каждое из этих сопротивлений равно 2,5 Ом ($R^{\wedge} / 2 = 2,5$ Ом).

Подгонка сопротивления линии связи термометра производится с помощью подгоночных катушек, которые смонтированы на клемменной колодке K_2 следующим образом:

Закорачиваются зажимы в головке термометра сопротивления, к которым присоединяются провода, идущие от прибора.

Отсоединив провода, идущие к термометру от колодки K_2 , измеряют их сопротивление попарно и составляют три уравнения с тремя неизвестными:

$$\begin{aligned} A_1 &= +R_c \\ A_2 &= R_a + R_c \\ A_3 &= R_b + R_c \end{aligned} \quad (2.3)$$

Из этих уравнений следует, что

$$R_a = \frac{A_1 - A_2 - A_3}{2}; R_b = \frac{A_3 - A_1 + A_2}{2} \quad (2.4)$$

где R_a – сопротивление провода, подключенного к зажиму А;

R_b – сопротивление провода, подключенного к зажиму В;

R_c – сопротивление провода, подключенного к зажиму С.

Снимают две подгоночные катушки с колодки K_2 и уменьшают сопротивление катушки R_b^{\wedge} на величину сопротивления R_b и сопротивление $R_{\Delta 2}$ на величину R_2 .

Ставят катушки на клемменную колодку, снимают перемычки с зажимов, присоединяют к прибору.

Питание измерительной схемы моста осуществляется переменным током. Одна из вершин диагонали питания находится непосредственно у термометра сопротивления так, что к термометру идут три провода (трехпроводная линия связи). Включение проводов линии в соединение плечи моста уменьшают погрешность от измерения линии связи. Сопротивление провода питания на равновесие моста не влияет, от него зависит только величина тока источника питания. Напряжение

питания выбирается исходя из допустимого тока, протекающего через термометр сопротивления. Для предотвращения погрешности от самонагрева, тепловая энергия в термореле или мощность рассеивания должна быть не более 10 МВт.

Принципиальная схема электронного усилителя представлена на рисунке 4. Усилитель состоит из 4-х узлов:

- входного устройства;
- усилителя напряжения;
- усилителя мощности;
- источника питания.

Входное устройство состоит из вибропреобразователя ВП (усилителя постоянного тока типа УПД) и входного трансформатора Т1.

С помощью вибропреобразователя в усилителях постоянного тока типа УПД1 осуществляется преобразование напряжения тока в напряжение переменного тока частотой 50 Гц. Для обеспечения помехо-устойчивости в усилителях введена специальная экранировка вывод которой расположен на входном разьеме Ш1. Со вторичной обмотки входного трансформатора сигнал поступает на вход усилителя, состоящего из пяти каскадов.

Первые четыре каскада Т1, Т2, Т3, Т4 выполнены по схеме с общим эмиттером и разбиты на две группы, связанные между собой через конденсатор связи С3, пятый каскад Т5 и Т6 – по схеме составного эмиттерного повторителя с применением транзисторов различного типа. Переменный резистор R10 является регулятором чувствительности, R11 регулирует величину обратной связи (через ограничительный резистор величиной 75 кОм), либо с выхода тахометрического моста, включаемого в выходную цепь усилителя.

Усилитель мощности выполнен по схеме последовательно баланса с включением транзисторов Т7 и Т8 по схеме с общим эмиттером. Связь усилителя мощности с усилителем напряжения осуществляется через переходной трансформатор Т2.

Питание усилителя осуществляется от силового трансформатора Т3, питающего выпрямителя. Выпрямитель на диодах VD4 и VD5 питает усилитель напряжения, а на диодах VD6, VD7, VD8 и VD9 – усилитель мощности. Обмотка П силового трансформатора имеет специальную экранировку и предназначена для питания измерительной схемы прибора или вибропреобразователя и ИПСа.

Особенности конструкции и монтажа прибора КСМ2-029.

Для обеспечения искробезопасности измерительной схемы КСМ2-029 в конструкцию прибора внесены следующие изменения и дополнения:

В приборах монтаж искробезопасных цепей выполнен проводом МГШВ в изоляции синего цвета, в отдельных жгутах, помещены в полихлорвиниловую трубку также синего цвета.

Ввод искробезопасных цепей в прибор осуществляется отдельными колодками и разьемами.

Жгуты силовых цепей заключены в металлические экраны, заземлены.

Платы печатного монтажа заливаются эпоксидным компаундом.

На панели межблочных коммуникаций (печатная плата) измерительная цепь отделена от силовой цепи заземленным экраном (печатная дорожка).

На лицевой стороне корпуса прибора установлен щиток с надписями "Вход $\frac{ИО}{водород}$ "

Колодки, к которым подходят искробезопасные цепи, закрыты защитными экранами и запломбированы. Колодки имеют обозначение "Искробезопасная цепь".

Штепсельные разьемы искробезопасных, силовых цепей и цепей регулирования конструктивно выполнены в приборе таким образом, что исключает возможность включения силовых штепсельных разьемов в искробезопасную цепь.

В приборах применены полупроводниковые усилители типа УПД 1, прошедшие испытания на искробезопасность в установленном порядке.

Для обеспечения искробезопасности стабилизированного источника питания, вторичная обмотка трансформатора зашунтирована конденсатором 0,01 мкФ включенным по 4-проводной схеме.

В приборах искробезопасного исполнения применены усилители и источник питания в искробезопасном исполнении.

3 ПРИБОРЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

- автоматический, электронный, показывающий, печатающий мост типа КСМ2-029 гр.22 на 6 точек

- магазин Р33

- нагреватель с тремя термометрами сопротивления, установленных в разных местах нагревателя

- проверка автоматического электронного моста производится по образцовому магазину Р33, т.к. электронный мост рассчитан на 6 точек измерения, а в работе задействованы только три датчика, до точки

1,4-закорочены на первый датчик

2,5-на второй датчик

3,6-на третий датчик.

Таким образом, кривую изменения температуры первого датчика будут показывать 1,4 второго 2,5 третьего 3,6.

Переключки между контактами датчиков установлены на входной колодке внутри прибора. Входные цепи прибора выведены на лицевую панель стенда на нижние клеммы. Соединительные провода датчиков на верхние клеммы через сопротивление.

R^Λ = 2,5 Ом. Для подключения датчиков к вторичному прибору необходимо поставить переключки между клеммами датчика и выходными клеммами вторичного прибора.

4 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

4.1 Ознакомиться с устройством и принципом действия автоматического электронного моста КСМ2-029, термометрами сопротивления гр.22.

4.2 Подключить первый датчик к магазину Р33, измерить сопротивление датчика при комнатной температуре и, нагревая его проградуировать по термометру. Результат свести в таблицу 1

Таблица 1 – Измерение температуры термометра сопротивления гр. 22

Температура, °С	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Сопротивление Эл. термометра В Ом									

Построить график $R_T = f(t \text{ } ^\circ\text{C})$

4.3 Подключить магазин Р33 к нижним клеммам 1 датчика на вход автоматического моста КСМ2-029 и проградуировать мост по градуировочной таблице гр.22 (результаты свести в таблицу 2).

4.4 Подключить все датчики к прибору (поставить перемычки), включить нагреватель и диаграмму и снять кривые нагревания (результат свести в таблицу 4)

Таблица 3 – Градуировочная таблица для платиновых термометров гр.22 (R = 100 Ом)

°С	Сопротивление Ом	°С	Сопротивление Ом	°С	Сопротивление Ом
0	100	170	165,78	340	228,17
10	103,96	180	196,54	350	231,73
20	107,91	190	173,29	360	235,29
30	111,85	200	177,03	370	238,83
40	115,78	210	180,76	380	242,36
50	119,70	220	184,48	390	245,88
60	123,60	230	188,18	400	249,38
70	127,49	240	191,88	410	252,88
80	131,37	250	195,56	420	256,36
90	135,24	260	199,23	430	259,83
100	139,10	270	202,89	440	263,29
110	142,95	280	206,53	450	266,74
120	146,78	290	210,17	460	270,18
130	150,50	300	213,79	470	273,60
140	154,41	310	217,40	480	277,01
150	158,21	320	221,00	490	280,41
160	162,00	330	224,59	500	283,80

Таблица 4 – Результаты измерений температуры по датчикам

Время В мин	Температура 1 датчика °С	Температура 2 датчика °С	Температура 3 датчика °С	Температура 4 датчика °С	Температура 5 датчика °С	Температура 6 датчика °С

Построить кривые нагревания шести точек.

5 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет должен содержать:

- наименование и цель занятия;
- принципиальную электрическую схему;
- описание приборов;
- таблицы полученных результатов;
- вывод;

6 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 6.1 Принцип действия электронного моста КСМ2-029.
- 6.2 Принцип действия и конструкция платинового термометра.
- 6.3 Объяснить, как изменить верхний и нижний пределы измерения.
- 6.4 Объяснить, что произойдет, если увеличить в 2 раза напряжение питания мостовой схемы.
- 6.5 От каких элементов измерительной схемы зависит линейность шкалы прибора.
- 6.6 Достоинство 3-х проводной линии соединения термометров сопротивления.
- 6.7 Равновесные и неравновесные мостовые схемы (определения, основные соотношения, области применения).
- 6.8 Принцип работы усилителя УПД 1 (усилителя напряжения, усилителя мощности).
- 6.9 Классификация автоматических мостов выпускаемых промышленностью.

7 ЛИТЕРАТУРА

- 1 Болтон У. Карманный справочник инженера-метролога. – М.: Издательский дом «Додэка – XXI», 2018-384с.
- 2 Иванов Г.М., Кузнецов Н.Д., Чистяков В.С. Теплотехнические измерения и приборы. –М.: Энергоиздат, 2016. -229с.
- 3 Старостин В.А. Технологические измерения и контрольно-измерительные приборы. -М.: Стройиздат, 2016.-303с.
- 4 Трофимов А.И. Справочник слесаря КИП и А.- М.: Энергоатомиздат, 2016-256с.
- 5 Фарзани Н.Г., Илясов Л.В., Азим-Заде А.Ю. Теплотехнические измерения и приборы. –М.: Высшая школа, 2016.-456с.
- 6 Швецов Е.К. Справочник по проверке и наладке приборов. –Киев: Техника, 2015.-195с.