

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
Казахский национальный технический университет имени К.И. Сатпаева

Институт информационных и телекоммуникационных технологий
Кафедра робототехники и технических средств автоматики



К.К.Макешева, М.М.Жамуратова, А.А.Кембаева

КОНТРОЛЬНО – ИЗМЕРТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

Методические указания для проведения лабораторных занятий по дисциплине
Контрольно – измерительные приборы
(для студентов специальности 5В071600– Приборостроение)

Алматы 2015

681.5.08(075)

СОСТАВИТЕЛИ: К.К. Макешева, М.М. Жамуратова, А.А. Кембаева.
Методические указания к лабораторным занятиям по курсу «Контрольно – измерительные приборы» для специальности 5В071600-«Приборостроение». - Алматы: КазНТУ имени К.И. Сатпаева, 2015. - С.1-22.

Методические указания составлены согласно Типовой учебной программе, утвержденной Министерством образования и науки Республики Казахстан, и в соответствии с требованиями ГОСО специальности, педагогико – психологических основ организации и проведения лабораторного занятия.

Методические указания предназначены для студентов специальности 5В071600- «Приборостроение».

Ил. 6. Табл. 5. Список лит.-назв.

Рецензент Бейсембаев А.А., канд. техн. наук

Печатается по плану издания Министерства и науки Республики Казахстана на 2015 г.

© КазНТУ имени К.И. Сатпаева, 2015 г.

Введение

Целью преподавания дисциплины является – дать студентам фундаментальные основы построения приборов и общие методы измерительной техники, а также особенности измерений различных неэлектрических величин.

Задачи изучения дисциплины заключаются в том, чтобы ознакомить студентов с основными принципами и типами приборов и измерительных систем, используемых для измерения физических величин, наиболее часто встречающихся в исследованиях и на производстве.

В результате изучения дисциплины «Контрольно-измерительные приборы» студент должен знать: основные метрологические характеристики и классификацию средств и погрешностей измерений; основные компоненты измерительных систем, вопросы оценки результатов измерений; основные характеристики, схемы включения, классификацию измерительных преобразователей и погрешности системы преобразования; физические основы параметрических и генераторных датчиков, устройство и принцип их работы, основные метрологические характеристики; примеры создания multifunctional information-measuring systems on the basis of microprocessor technology.

Лабораторная работа №1

Исследование принципа работы датчиков давления. Поверка образцового манометра

Цель работы:

Изучить состав образцового манометра; углубление знаний по основам датчиков давления, приобретение навыков экспериментального исследования частных задач.

Задание:

- 1) Изучить принцип действия манометра на метрологическом стенде датчиков давления;
- 2) Комплектующие устройства;
- 3) Поверка датчиков.

Общие указания

Давление является одним из важнейших физических параметров и его измерение необходимо как в расчетных целях, например для определения расхода, количества и тепловой энергии среды, так и в технологических целях.

Давлением называют отношение абсолютной величины нормального, то есть действующего перпендикулярно к поверхности тела, вектора силы к площади этой поверхности. При равномерном распределении сил давление равно частному от деления нормальной составляющей силы давления на площадь, по которому эта сила действует.

Подготовка к использованию

1. Работать с насосом можно в любом пространственном положении, при этом в воздухе не должно быть вредных примесей, вызывающих коррозии в его деталях.

2. Для создания давлений свыше 1 МПа рекомендуется положить насос на ровную твердую поверхность ручкой со стороны колпачка точной настройки. Придерживая насос за корпус, нажимать на верхнюю ручку (положение насоса показано на рис. 1).

Использование насоса.

1. Проведение поверки при задании давления.

При работе с калибратором, необходимо вывернуть заглушку (7) из футорки (8).

Установить прокладку на штуцер модуля давления. Ввернуть модуль давления в футорку насоса до упора. Розетка кабеля модуля давления подсоединить к ответной части на электронном калибраторе.

Поверяемый прибор подсоединить к штуцеру через пневмошланг. Если резьба – накидной гайки пневмошланга не подходит для подсоединения к поверяемому прибору, следует использовать один из переходных штуцеров, поставляемых с насосом.

Проверка работоспособности

1. Проверка работоспособности насоса проводится после получения его от изготовителя (входной контроль), а так же в процессе работы с насосом, для определения его рабочего состояния.
2. Проверить плавность и легкость перемещения поршня насоса, вращения деталей узла точной регулировки.
3. Проверка насоса на герметичность.

Подсоединить к штуцеру (поз.9) через пневмошланг манометр типа МО по ТУ25.05.16664-74 с верхним пределом измерений не более 6,0 МПа.

Создать насосом давления равное 2,5 МПа.

Таблица 1

Показания образцового манометра, кгс/см ²		Показания поверяемого манометра, кгс/см ²	Погрешность	Вариация	
Прямой ход		Обратный ход	Прямой	Обратный	

Контрольные вопросы

1. Проверка работоспособности насоса.
2. Что такое датчик давления?
3. Принцип работы датчиков давления.

Лабораторная работа № 2

Исследование промышленных термометров. Поверка автоматического электронного моста КПМ 1

Цель работы:

- Изучить принцип действия термометра расширения, манометрических термометров и термометров сопротивления;
- Произвести градуировку термометра сопротивления;
- Произвести поверку автоматического электронного моста КПМ1.

Промышленные средства измерений температуры

Наиболее распространенными промышленными средствами измерений температуры являются: манометрические термометры, термометры объемного расширения и термометры электрического сопротивления.

Термометры расширения построены на принципе изменения объема жидкости или линейных размеров твердых тел при изменении температуры. Действия жидкостных термометров основано на различии коэффициентов объемного расширения термометрического вещества и оболочки, в которой оно находится. Основные достоинства этих термометров: простота конструкции, высокая точность измерения.

Принцип действия манометрических термометров основан на изменении давления жидкости, парожидкостной смеси или газа, находящихся в замкнутом объеме при изменении температуры.

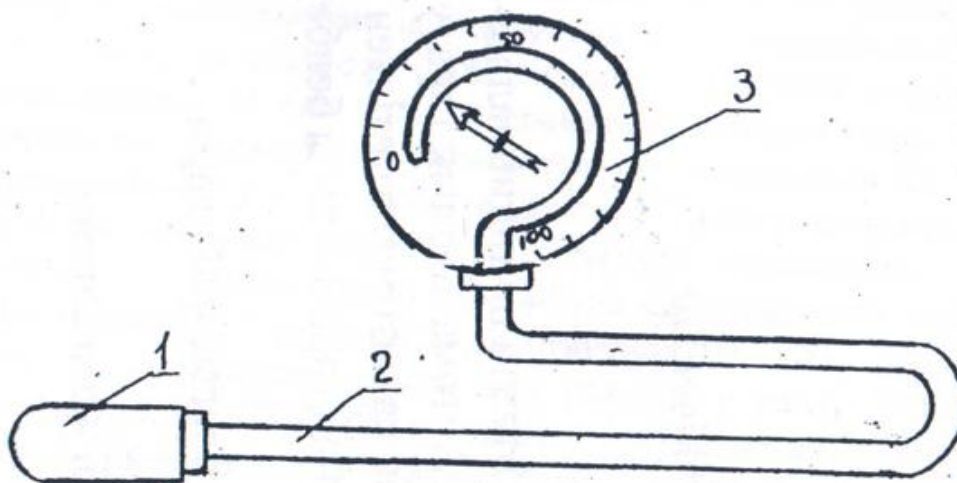


Рисунок 2.1. Устройство манометрического термометра

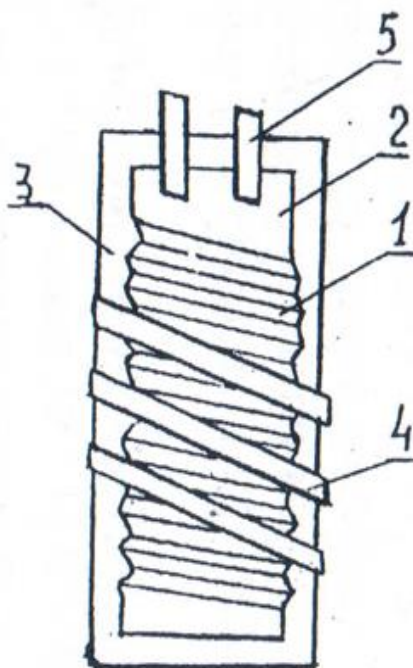


Рисунок 2.2. Конструкция платинового термометра сопротивления

Прибор состоит из термобаллона 1, капиллярной трубки 2 и манометра 3. Вся система заполнена рабочим веществом. Термобаллон помещают в зону измерения температур. При нагревании термобаллона давление рабочего вещества внутри замкнутой системы увеличивается, это воспринимается манометрической трубкой и спиральной пружиной, которая через передаточный механизм воздействует на стрелку или перо прибора.

Класс точности манометрических термометров 1, 5-4, 0. Они используются для дистанционного измерения температуры. Их достоинство – простота конструкции и обслуживания, возможность дистанционного измерения показаний. Недостатки – высокая точность измерений и сравнительно небольшое расстояние дистанционной передачи показаний (до 60м).

Принцип действия термометров сопротивления основан на изменении электрического сопротивления проводников или полупроводников при изменении температуры.

Металлические термометры сопротивления платиновые (ТСП) градуировки гр.20 используются при длительных измерениях в пределах от 0 до 650С. Устройство чувствительного элемента платинового термометра сопротивления показана на рис. 2.2. Платиновая проволока 1 диаметром 0.07мм и длиной около 2м намотана на слюдяную пластину 2 и с обеих сторон прикрыта изоляционными накладками из слюды 3. Все это скреплено в пакет серебряной лентой 4. К концам платиновой проволоки припаяны серебряной

выводы диаметром 1мм, 5 изолированные фарфоровыми бусами. Весь чувствительный элемент помещен в алюминиевую защитную трубку.

Термометры сопротивления медные (ТСМ) изготавливаются с градуировками гр.23 и гр.24 для измерения температур от -50° до $+180^{\circ}\text{C}$, конструктивно они выполнены аналогично платиновым.

Полупроводниковые термометры сопротивления (термисторы) изготавливаются из окислов различных элементов. Наибольшее распространение получили термисторы кобальто-марганцевые (КМТ) и медно-марганцевые (ММТ), используемые для измерения температур в пределах от -90° до $+180^{\circ}\text{C}$.

В качестве вторичных приборов в комплекте с термометрами сопротивления применяются логометры и электронные автоматические мосты.

При градуировке медного термометра гр.23 для определения его омического сопротивления используется лабораторный измерительный мост 6 с классом точности 0.05. схема соединений показана пунктирными линиями на рис. 2.7. Нагреватель водяной бани, в которую погружены все термометры, включается переключателем Т1 (при этом переключатель Т4 должен быть выключен). Действительное значение температуры воды определяется с помощью образцового ртутного термометра 1. Градуировка термометра сопротивления выполняется по мере повышения температуры на отметках 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80°C . Полученные результаты заносят в табл.2.2 и по ним строят график, по абсциссе которого откладывают действительные значения температуры в водяной бане, определяемые по ртутному термометру в $^{\circ}\text{C}$, а по оси ординат – величины сопротивлений R_t , определяемые экспериментально и по градуировочной таблице для гр.23.

Таблица 2

Действительное значение температуры, $^{\circ}\text{C}$	Измеряемое сопротивление термометра, Ом	Сопротивление термометра по градуировочной табл., Ом	Погрешности	
			Абсолютная, Ом	Приведенная, относительная, %

Устройство и работа автоматического электронного моста КПМ 1

Автоматические показывающие уравновешенные мосты переменного тока типа КПМ 1 предназначены для измерения и регулирования температуры и других величин, изменение которых может быть преобразовано в изменение омического сопротивления.

В основу работы электронных уравновешенных мостов положен компенсационный метод измерения. Она представляет собой уравновешенную мостовую схему, в одно из плеч которого включен термометр сопротивления, величина омического сопротивления которого находится в определенной зависимости от температуры.

Автоматическое уравновешивание мостовой схемы происходит следующим образом: с изменением температуры изменяется электрическое сопротивление термометра сопротивления и тем самым нарушается равновесное состояние мостовой схемы. В измерительной диагонали (точки А, В) моста появляется напряжения разбаланса, которое подается в усилитель, выполняющий роль нуля индикатора. На входе полупроводникового усилителя включен уравновешивающий электродвигатель, который перемещает движок по реохорду до наступления равновесия в мостовой измерительной схеме.

Так как каждому значению сопротивления термометра соответствует вполне определенное положение движка, при котором мостовая схема уравновешена, а движок реохорда связан с указательной стрелкой, то в момент равновесия указательная стрелка показывает на шкале прибора измеряемую температуру.

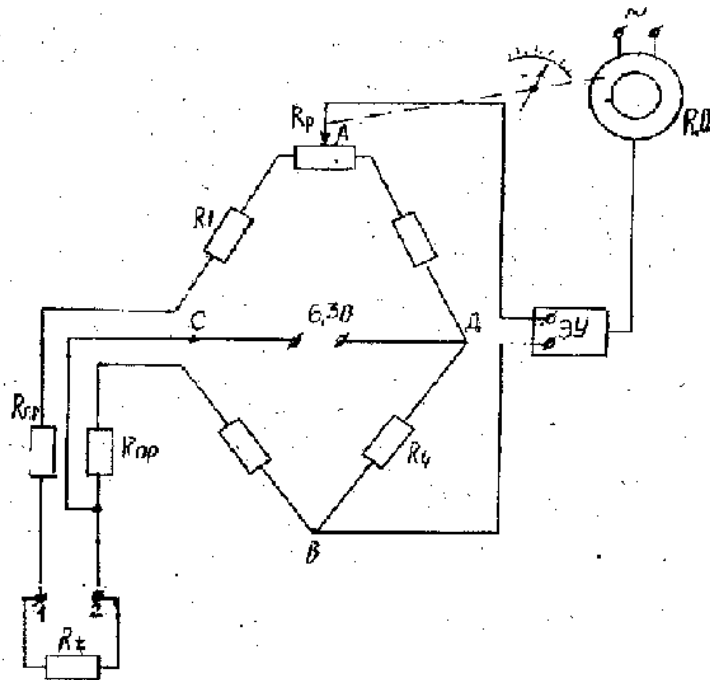


Рисунок 2.3

Поверка автоматического электронного моста КПМ 1

При поверке мост включается в сеть переменного тока переключателем. Образцовый магазин сопротивлений с интервалом изменения сопротивлений 0,01 Ом имитирует платиновый термометр сопротивления. Определение погрешности показаний моста производится сравнением его показаний, которые применяются за действительные значения измеряемой величины. Показания моста образцового магазина сопротивлений сравниваются на всех оцифрованных отметках шкалы моста сначала при прямом, затем при обратном ходе его стрелки. Полученные данные заносятся в таблицу 1 и по ним рассчитывают значения абсолютных и относительных погрешности прибора.

Таблица 2.1

Показание автоматического электронного моста	Показание магазина сопротивления		Абсолютная погрешность проверяемого прибора		относительная погрешность проверяемого прибора		Вариация
	Прямой ход	Обрат. ход	Прямой ход	Обрат. ход	Прямой ход	Обрат. ход	
Град.	Ом	Ом	Ом	Ом	%	%	Ом

Контрольные вопросы

1. На чем основано действие термометров сопротивления, манометрических термометров?
2. Что такое переходная характеристика термометра?
3. Назовите стандартные типы градуировок термометров сопротивления и пределы измеряемых ими температур?

Лабораторная работа № 3

Термоэлектрический метод измерения температуры

Цель работы:

- изучить принцип действия и устройства термоэлектрического термометра (термопары) в комплекте со вторичными прибором – милливольтметром;
- провести градуировку термопары и поверку милливольтметра;
- изучить принцип действия системы релейного регулирования температуры в печи электрического сопротивления.

Теоретические основы термоэлектрического метода и принцип действия

Термоэлектрическим термометром называют термопару, снабженную защитной арматурой.

Принцип действия термоэлектрического измерителя температуры основан на термоэлектрическом эффекте, сущность которого заключается в том, что если составить замкнутую цепь из двух разнородных проводников и нагреть один ее спай, то в цепи возникнет электрический ток.

Замкнутая электрическая цепь (рис.1), состоящая из двух разнородных проводников (термоэлектродов) А и В, образует термоэлемент (термопару). Спай, погружаемый в измеряемую среду, называется рабочим, или горячим спаем термопары; второй спай носит названия свободного или холодного.

Суммарную термоэлектродвижущую силу (ТЭДС) замкнутой цепи, составленной из проводников А и В, спаи которой нагреты до температур t и t_0 , можно выразить уравнением:

$$E_{AB}(t, t_0) = l_{AB}(t) - l_{AB}(t_0),$$

Где $E_{AB}(t, t_0)$ - суммарная ТЭДС термопары; $l_{AB}(t)$, $l_{AB}(t_0)$, - потенциалы, возникающие в местах соприкосновения проводников, при температуре t и t_0 .

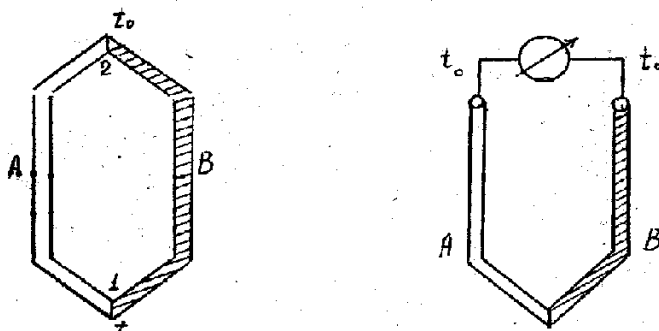


Рисунок 3

Устройство милливольтметра

Милливольтметры для измерения ЭДС, развиваемой термопарой, представляют собой приборы магнитоэлектрической системы. Принцип действия основан на взаимодействии поля тока и поля постоянного магнита, в котором помещена рамка.

Отклонение подвижной системы от первоначального положения при прочих равных условиях зависит от силы тока i , протекающего по рамке прибора, которая в свою очередь зависит от ЭДС термопары и сопротивления цепи

$$i = \frac{E(t, t_0)}{R_{\text{вн}} + R_{\text{мв}}}$$

где $E(t, t_0)$ – ЭДС термопары; $R_{\text{вн}}$ – сопротивление термопары и проводов, соединяющих термопары с милливольтметром;

$R_{\text{мв}}$ – полное сопротивление милливольтметра, которое состоит из сопротивления рамки и добавочного сопротивления.

Принцип работы и устройство лабораторного потенциометра ПП-63

Лабораторный переносный потенциометр ПП, схема которого приведена на рисунке 2, предназначен для измерения электродвижущих сил (ЭДС) и напряжений в цепях постоянного тока компенсационным методом, т.е. уравниванием, измеряемой ЭДС известной разностью потенциалов от вспомогательного источника.

Электрическая схема потенциометра состоит из трех цепей.

Первая цепь – цепь батареи включает: источник постоянного тока Б (сухой элемент); реостат, предназначен для установки рабочего тока; секционное сопротивление, состоящее из шести одинаковых по величине сопротивлений; реохорда; сопротивление нормального элемента.

Вторая цепь – цепь термопары состоит из источника ТЭДС – (термопары), части секционного сопротивления реохорда и нуль-прибора НП.

Третья цепь – цепь нормального элемента служит для установки рабочего тока в первой цепи, т.е. для приведения тока батареи к стандартной величине.

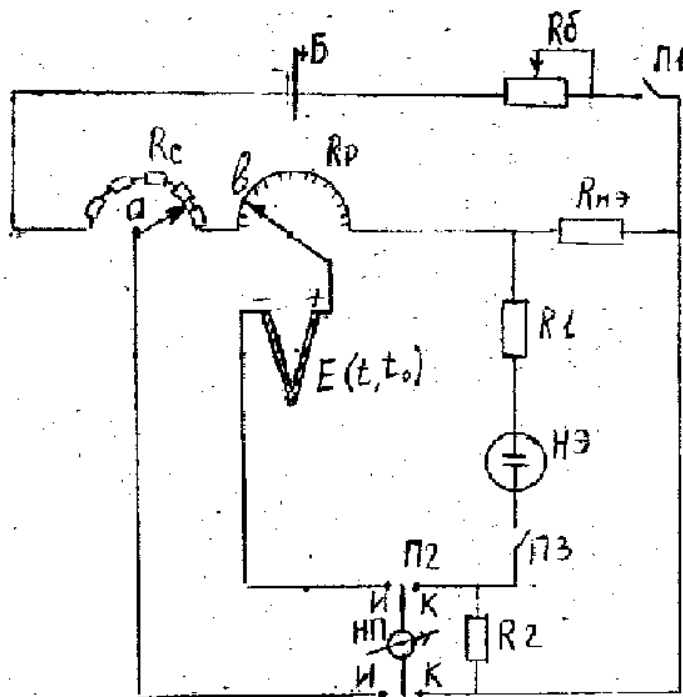


Рисунок 3.1

Градуировка термопары

- 1) Изучить принцип действия переносного потенциометра ПП-63.
- 2) Включить источник питания ПП -63 и установить на нем величину рабочего тока (положение переключателя «К»).затем переключатель из положения «К» перевести в положения «И».
- 3) Переключатель T_1 поставить в положение «Градуировка термопары», подключив тем самым ПП-63 к поверяемой термопаре 2.
- 4) Переключатель T_2 поставить в положение «Р».
- 5) Включить питание всей установки щита и нагреватель с помощью выключателей. Нагреть печь до температуры 800°C . Затем нагревательотключить.
- 6) Наблюдая за показателями милливольтметра 4 измерить с помощью потенциометра ПП-63 ТЭДС градуируемой термопары через через каждые 100°C по мере понижения температуры в печи. Действительное значение температуры фиксировать при этом по милливольтметру.

Проверка милливольтметра

- 1) изучить принцип действия и устройство милливольтметра
- 2) Переключатель T_1 перевести в положение «Проверка прибора», подключив тем самым ПП-63 к милливольтметру.

- 3) Стрелку проверяемого прибора с помощью корректора установить на нуль.
- 4) На магазине сопротивлений, вмонтированной в ПП-63, установить величину сопротивления.
- 5) Включить источник питания ПП-63 и установить на нем величину
- 6) Плавным вращением рукоятки реостата ИРН «напряжение» установить стрелку на первой проверяемой отметке шкалы милливольтметра.
- 7) Произвести отсчет и записать показаний потенциометра ПП-63 и милливольтметра.

Контрольные вопросы

1. Что называется термоэлектрическим термометром?
2. Принцип действия термоэлектрического измерителя температуры.
3. Суммарная ТЭДС термопары.

Лабораторная работа № 4

Расчет измерительной схемы и переградуировка автоматического потенциометра типа КСП-4

Цель работы:

- Изучить принцип действия и устройство автоматического электронного потенциометра КСП-4;

- Научиться производить переградуировку потенциометра.

Задание:

- 1) Выполнить расчет измерительной схемы потенциометра на заданные тип термопары и интервал температуры;
- 2) Произвести поверку градуировки потенциометра КСП-4.

Принцип действия и измерительная схема

В основу работы приборов типа КСП-4 положен компенсационный способ измерения как наиболее точный метод измерения.

Функциональная схема одноточечного прибора КСП-4 изображена на рис.1.

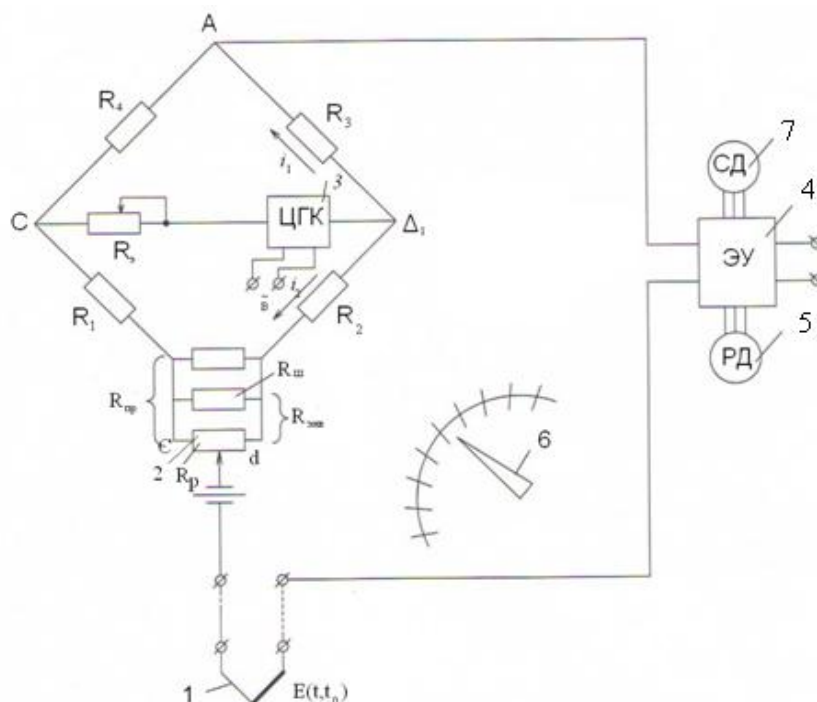


Рисунок 4

В диагональ СД включен источник стабилизированного питания постоянным током 3 (типа ИДС). При работе потенциометра разность между э.д.с. термопары (или другого источника) и напряжения, снимаемого с диагонали АВ мостовой схемы, подается на вход электронного усилителя 4.

Если измеряемая э.д.с. равна этому напряжению, то к усилителю подводится нулевой сигнал, при этом вся система находится в равновесии. Ток в схеме равен нулю и колебания сопротивлений измерительных цепей и напряжения питания не влияют на показание прибора. При изменении э.д.с. равновесие системы нарушается и на вход усилителя подается напряжение разбаланса. Последнее преобразуется специальным вибропреобразователем в переменное напряжение, усиливается и приводит в действие реверсивный двигатель 5, который перемещает ползунок реохорда 2 до момента, когда разность между измеряемой э.д.с. и напряжением на диагонали АВ станет ниже порога чувствительности усилителя. С двигателем также связана стрелка 6, перемещающаяся относительно шкалы. Направления вращения ротора двигателя определяется знаком сигнала рассогласования. В том случае, когда $E(t, t_0) = U_{AB}$, положение указателя определяет значение измеряемого параметра, которое записывается на диаграммной ленте. Движение последней осуществляется с помощью синхронного двигателя 7.

В электронных автоматических потенциометрах, работающих в комплекте с термопарами, предусмотрена автоматическая коррекция показания прибора при изменении температуры свободных концов термопары.

Расчет измерительной схемы и методика проведения работы

В практической деятельности цехов часто приходится решать задачи изменения пределов измерения и градуировка электронного потенциометра.

При расчете измерительной схемы исходными данными являются:

- наименование термопары;
- величины токов в ветвях мостов

$$i_1 = 2 \text{ mA}; i_2 = 3 \text{ mA};$$

- величина сопротивления R_3 , включенного во вспомогательную ветвь измерительной схемы, определяется из условия, что падения напряжения на нем должно быть равно $U_3 = 1,0186 \text{ В}$;

$$R_3 = \frac{U_3}{i_1} = \frac{1018,6}{2} = 509,5 \text{ Ом}.$$

- величина сопротивления параллельно соединенных реохорда и его шунта $R_{э.кв.} = 90 \text{ см}$;

- температурный коэффициент сопротивления медного провода компенсационной катушки

$$\alpha = 0,00428^\circ \text{C}^{-1}.$$

Расчет элементов измерительной схемы потенциометра производят следующим образом. Зная нижний и верхний пределы измерения и тип термопары, необходимо по градуировочным таблицам найти минимальную E_{min} и максимальную E_{max} ТЭДС термопары при температуры свободных концов, равной 0°C .

При измерений E_{min} движок реохорда должен находиться в точке C , соответствующей началу шкалы. В этом случае т.э.д.с. уравнивается разностью потенциалов точек A_c измерительной схемы потенциометра, т.е. падением напряжения на сопротивление $R1, R4$ при температуре θ^0C (величина сопротивления $R4$ при θ^0C обозначается $R4^{(0)}$).

$$E_{min} = i_2 R1 - i_1 R4^{(0)}, \quad (4.1)$$

Из (1) определим сопротивление $R1$, предназначенное для подгонки нижнего предела измерения прибора:

$$R1 = \frac{E_{min} + i_1 R4^{(0)}}{i_2} \quad (4.2)$$

При измерении E_{max} движок реохорда должен находиться в точке d , соответствующей концу шкалы. При этом т.э.д.с. термопары уравнивается разностью потенциалов точек d и A , т.е. падением напряжения на сопротивлениях $R_{np}, R1, R4$ или падением напряжения на $R2, R3$.

$$E_{max} = i_2 R_{np} + i_2 R1 + i_1 R4^{(0)} \quad (4.3)$$

Или

$$E_{max} = i_2 R2 + R3 i_1 \quad (4.4)$$

$$R_{np} = \frac{R \cdot R_{экв}}{R + R_{экв}}$$

Из (4) величина сопротивления $R2$, предназначенного для подготовки верхнего прибора, равна

$$R2 = \frac{i_1 R3 - E_{max}}{i_2} \quad (4.5)$$

Вычитая (1) из (3), получим

$$E_{max} - E_{min} = i_2 R_{np} \quad (4.6)$$

Откуда

$$R_{np} = \frac{E_{max} - E_{min}}{i_2} \quad (4.7)$$

Из (7) следует, что изменение пределов измерения прибора может быть осуществлено изменением приведенного сопротивления R_{np} , состоящего из трех параллельно включенных сопротивлений $R_p, R_{ш}, R$. Поскольку параллельно соединенные R_p и $R_{ш}$ имеют постоянное сопротивление $R_{экв}$, равное 90 см подгонка до требуемого значения осуществляется за счет R .

$$R = \frac{R_{экв} \cdot R_{np}}{R_{экв} - R_{np}} \quad (4.8)$$

Сопротивление $R4$ находят из условия, что изменения э.д.с. термопары при изменении температуры свободных концов термопары от $t_0 = 0$ до $t_0^1 = 50^0C$

равно изменению падения напряжения на $R4$ R_{np} при том же перепаде температуры

$$E(t, t_0) - E(t, t'_0) = E(t'_0, t_0) = i_1 \Delta R4 \quad (4.9)$$

Зависимость изменения сопротивления меди от температуры в том же интервале температур выражается уравнением

$$R4 = R_4^{(0)} (1 + \alpha(t'_0 - t_0)) \quad (4.10)$$

Отсюда

$$\Delta R4 = R4 - R_4^{(0)} = R_4^{(0)} \alpha(t'_0 - t_0) \quad (4.11)$$

Подставляя (11) в (9), получим

$$E(t'_0, t) = R_4^{(0)} \alpha(t'_0 - t_0) i_1 \quad (4.12)$$

Откуда

$$R_4^{(0)} = \frac{E(t'_0, t)}{\alpha(t'_0 - t_0) i_1} \quad (4.13)$$

Результаты расчета пределов измерения шкалы могут незначительно отличаться от заданных, так как величины сопротивлений на нерабочих витках реохорда и соединительных проводов при расчете не учитывались. В случае несавпадения заданных и полученных пределов измерения подгонка начала и конца шкалы прибора осуществляется изменением величин сопротивлений $R1$ и R на магазинах сопротивлений до полного совпадения положений стрелки потенциометра с крайними рисками его шкалы. Изменять величину сопротивления $R2$ не рекомендуется, так как

$$U_1 \gg E_{max}.$$

Порядок выполнения работы

- 1) Ознакомиться с принципом действия и конструкцией автоматического электронного потенциометра типа КСП-4;
- 2) В соответствии с заданием, полученным от преподавателя на пределы измерения и тип градуировки прибора, найти минимальную (E_{min}) и максимальную (E_{max}) э.д.с. термопары по градуировочной таблице;
- 3) Определить температуру свободных концов термопары t_0^H , что соответствует температуре окружающей среды.
- 4) По градуировочной таблице определить $E(t'_0, t_0)$ и $E(t_0^H, t_0)$;
- 5) По уравнению (10) вычислить величину сопротивления $R4$ при температуре t_0^H вместо t'_0 , предварительно определив величину сопротивления $R4^{(0)}$ из равенства (13). Записать её в таблице 1 и установить сопротивление на магазине $R4$.

Таблица 4

Обозначение сопротивлен.	Величина сопротивления, Ом	
	Расчетная	Действительн.
$R4$ (при t_0^H)		
$R1$		
R		
$R2$		

- 6) Рассчитать величины сопротивлений $R1$, R , $R2$, используя уравнения (2), (7), (6), (5) и записать их табл.1.;
- 7) Набрать на магазинах сопротивлений $R1$, R и $R2$;
- 8) Проверить соответствие заданных и полученных пределов измерения потенциометра, подавая на его измерительную схему напряжения с ПП-63, равные $E_{min} - E(t_0^H, t_0)$ и $E_{max} - E(t_0^H, t_0)$ и устанавливая стрелку прибора на минимальное и максимальное значения шкалы. Температуры t_0^H соответствует температуре окружающей среды;
- 9) Добиться полного соответствия положений стрелки и потенциометра при $E_{min} - E(t_0^H, t_0)$ и $E_{max} - E(t_0^H, t_0)$ с началом и концом шкалы прибора изменением величины сопротивлений $R1$ и R . Полученные значения $R1$ и R занести в таблицу 1;
- 10) Проградуировать шкалу потенциометра, подавая на его измерительную схему напряжения, равные $E(t, t_0^H) = E(t_0^H, t_0) - E(t_0^H, t_0)$;
- 11) Проверка шкалы потенциометра производится сравнением его показаний с показаниями лабораторного потенциометра ПП-63. полученные данные заносят в таблицу 2 и по ним рассчитывают значения абсолютных и относительных погрешностей прибора.

Таблица 4.1

Показания				Погрешности			
Поверяемого потенциометра		Образцового потенциометра		Абсолютные мВ		Приведенные относит.%	
$^{\circ}\text{C}$	т.э.д.с. по град.табл	Прямой ход	Обратн. ход	Прямой ход	Обратн. ход	Прямой ход	Обратн. ход

Контрольные вопросы

1. Что являются исходными данными при расчете измерительной схемы?
2. Принцип действия и устройство автоматического электронного потенциометра КСП-4.
3. Чем определяется направления вращения ротора двигат

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Раннев Г.Г., Тарасенко А.П. Методы и средства измерений. Учебник для вузов. 2-е изд.-М.: АСАДЕМА, 2004.
2. Информационно-измерительная техника и технологии. Учебник для вузов./ Под ред. Г.Г.Раннева.-М.:Высш.шк., 2002.
3. Фарзани Н.Г., Ильясов Л.В., Азим-заде А.Ю. Технологические измерения и приборы. Учебник для вузов.-М.:Высш.шк., 1989.
4. Технические средства автоматизации. Учебное пособие для вузов / В.В.Кишнева, В.А.Иванов, Г.М.Тохтабаев,А.А.Афанасьев.-М.Металлургия, 1981.
5. Макешева К.К. Контрольно – измерительные приборы. Учебное пособие: КазНТУ, 2013.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
Лабораторная работа №1.....	4
Лабораторная работа №2.....	6
Лабораторная работа №3.....	11
Лабораторная работа №4.....	15
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	20

МакешеваКуляшКунуспаевна
ЖамуратоваМахаббатМусагазиевна
Кембаева АрайАкылбековна

КОНТРОЛЬНО – ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

Методические указания для проведения лабораторных занятий по дисциплине
Контрольно – измерительные приборы
(для студентов специальности 5В071600– Приборостроение)

Редактор Г.М. Дюсенбаева

УТВЕРЖДЕНЫ– Председателем научно-методического советаинститута
Ахметовым Б.С. «26»февраль 2015г.

СОГЛАСОВАНЫ– Заведующим кафедрой РТиТСА
Ожикеновым К.А. «23»январь 2015г.

Подписано в печать_____ 2015 г.

Тираж 100 экз. Формат 60x84 1/16. Бумага типографская № 1
Объем 1,1 п. л. Заказ № . . . Цена договорная

Издание Казахского национального технического университета
имени К.И. Сатпаева
Учебно - издательский центр КазНТУ
г. Алматы, ул. Сатпаева, 22