

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное агентство по образованию

Томский политехнический университет

УТВЕРЖДАЮ: Декан ЭФФ

_____ Евтушенко Г.С.

«___» _____ 2005г.

421

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ТЕПЛОВЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Методические указания по подготовке и
выполнению лабораторной работы № 421 по
курсу "Методы и средства измерений" для
студентов специальности 190900-
Информационно-измерительная техника и
технологии

Томск 2005г.

УДК 621.317.39 (075.8)

Исследование свойств тепловых измерительных преобразователей. Методические указания по подготовке и выполнению лабораторной работы № 421 по курсу "Методы и средства измерений" для студентов специальности 190900 – "Информационно – измерительная техника и технологии". Томск, изд. ТПУ, 2005. – 20с.

Составитель: Б.Б.Винокуров

Рецензент: В.Ф.Вотяков

Методические указания рассмотрены и рекомендованы методическим семинаром кафедры информационно-измерительной техники 26.01.2005г.

Зав. кафедрой ИИТ _____ В.К.Жуков

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В МЕТОДИЧЕСКИХ УКАЗАНИЯХ

ИП – измерительный преобразователь;

ТП – термопреобразователь;

S1, S2 – переключатели,

$U_{пит}$ – источник постоянного тока;

R – сопротивление, Ом;

R_n – нормированное значение сопротивления, Ом;

t^0 – температура, 0C .

Рекомендуемая литература

1. Е. С. Левшина, П. В. Новицкий, Электрические измерения физических величин. Измерительные преобразователи. – М.: Энергоатомиздат, 1983, с. 320.
2. Е. С. Полищук. Измерительные преобразователи. – Киев: Высш. школа, 1981, с. 293.

Задание для самостоятельной работы

Изучить принцип действия основных видов тепловых измерительных преобразователей, их разновидности, свойства.

Изучить характеристики различных ИП и способы их линеаризации.

Изучить измерительные схемы включения тепловых ИП их особенности, достоинства, недостатки.

Ознакомиться с целью и программой работы, с назначением средств измерения, лабораторным макетом.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ТЕПЛОВЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1.1. Исследовать тепловые измерительные преобразователи для измерения температуры.

1.2. Исследовать способы линеаризации характеристик тепловых ИП и измерительные схемы включения.

1.3. Получить практические навыки измерения температуры с использованием различных ИП, научиться проводить анализ и обработку результатов измерения.

2. ПРОГРАММА РАБОТЫ

Программа выполнения данной работы рассчитана на четыре часа аудиторного времени. Поэтому в соответствии с резервом времени, отводимым на данную работу, конкретные ее пункты назначаются ведущим преподавателем.

2.1. Изучить лабораторную установку и входящие в ее состав объекты измерения температуры (термостат); объекты исследования (тепловые ИП); источник питания и измерительный прибор (см. приложения А, Б).

2.2. Исследовать температурные зависимости различных тепловых ИП, провести анализ полученных характеристик.

2.3. Изучить способы линеаризации температурных характеристик ИП. Исследовать схемы коррекции нелинейности температурных характеристик.

2.4. Исследовать измерительные схемы включения ИП.

2.4.1. Схемы параллельного включения ИП (делитель напряжения).

2.4.2. Последовательная схема включения ИП.

2.4.3. Мостовые схемы включения ИП.

2.5. Обработка результатов измерения. Выводы по проделанной работе.

3. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Лабораторная установка включает в себя лабораторный макет; вставки с набором измерительных преобразователей и схем включения; источник питания постоянного тока типа Б5-48; комбинированный цифровой прибор типа Щ4300 (Щ4313).

Лабораторный макет выполнен в отдельном корпусе унифицированной конструкции (рис. 1). В корпусе смонтирована камера термостата 1, который служит для задания определенной температуры в процессе исследования ТП. В термостат смонтированы вставки с набором ИП и схем включения.

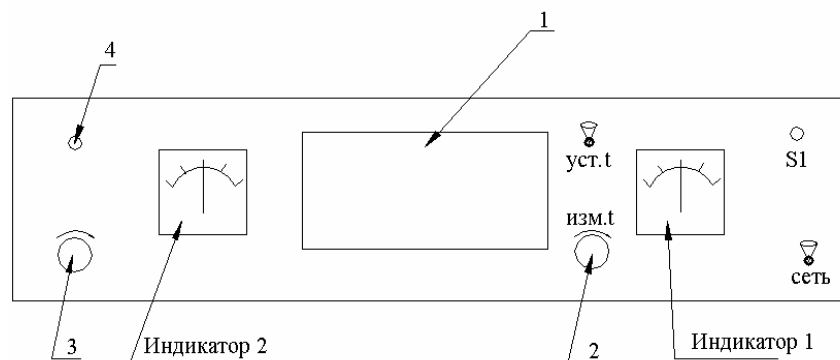


Рис. 1.

На передней панели макета имеются:

- тумблер S1 для включения напряжения сети;
- тумблер S2 переключения индикатора «инд. 1» из положения установки нужной температуры в термостате ("уст. t^0 ") в положение измерения температуры с помощью встроенного в термостат ИП ("изм. t^0 ");
- ручка 2 для задания температуры в термостате;
- индикатор 1 (инд.1) - показывает температуру в термостате;
- индикатор 2 (инд.2), указывающий режим нагрева (ток нагрева, А);
- ручка 3 - для задания режима нагрева термостата;
- световой индикатор режима нагрева 4.

Вставка I представляет собой набор измерительных преобразователей, которые подлежат исследованию. Вставка устанавливается в камере термостата. Внешний вид представлен на рис.2,а, электрическая схема-на рис. 2,б.

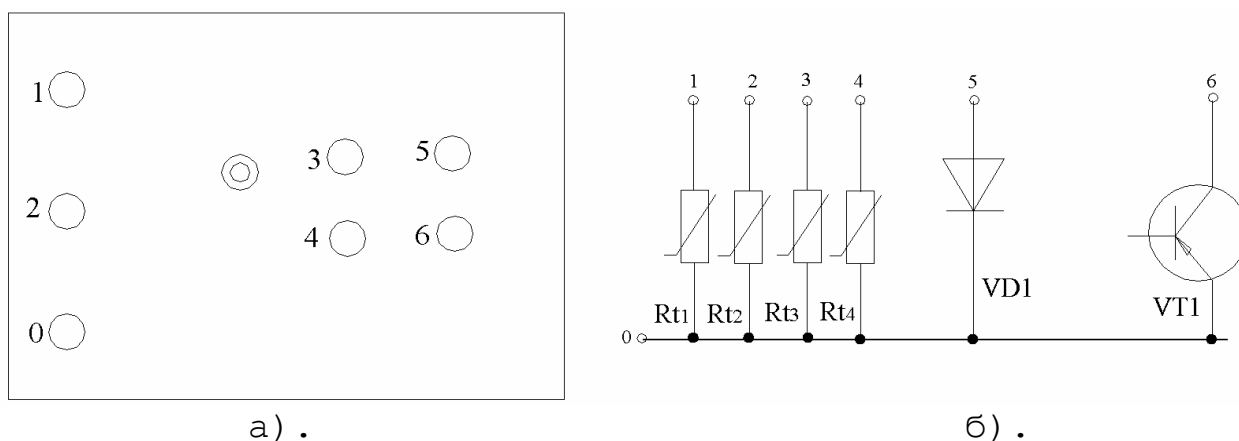


Рис. 2.

Вставка содержит 6 измерительных преобразователей температуры. Отверстие в центре вставки предусмотрено для размещения спиртового термометра с целью контроля и точного измерения температуры в термостате.

Измерительными преобразователями вставки 1 являются:

1. ТСП (терморезистор платиновый);
2. ММТ9 - терморезистор полупроводниковый (термистор),
3. М1КОВ - терморезистор полупроводниковый
4. ММТ - 4 - терморезистор полупроводниковый,
5. КС107 - стабилитрон полупроводниковый,
6. КТ603 - транзистор.

Вставка II представляет собой набор схем коррекции нелинейности характеристики $R = f(t^0)$ измерительного преобразователя ММТ - 4.

На рис. 3, а и 3, б представлены соответственно внешний вид и принципиальная схема вставки II.

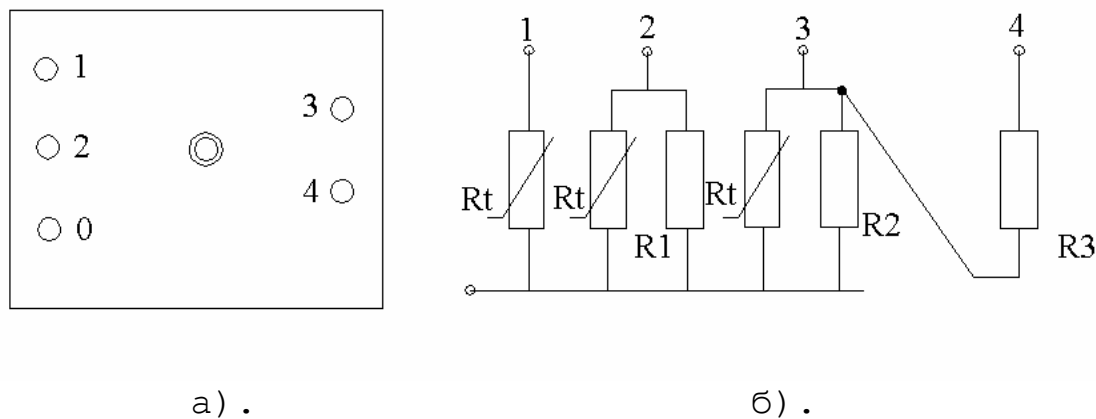


Рис. 3.

Для линеаризации температурной характеристики термистора R_t (ММТ-4) использованы термонеzависимые резисторы $R_1=1$ кОм; $R_2=10$ кОм; $R_3=5$ кОм, включенные параллельно с R_t (схемы 0-2 и 0-3) и последовательно - параллельно (схема 0-4).

Вставка III представляет собой набор ИП, включённых в измерительные схемы, вид которых определяется способом подключения к клеммам и положением переключателей. Внешний вид вставки III представлен на рис. 4.

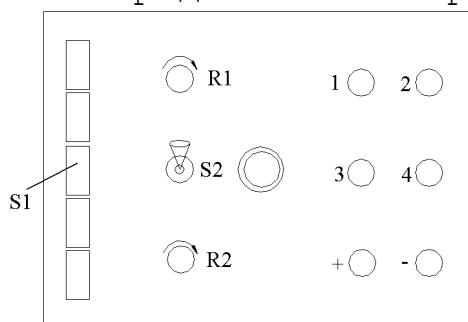


Рис. 4.

- 1, 2, 3, 4 - выходные контакты.
- Клеммы "+" и "-" для подключения источника постоянного тока.
- S1 - клавишный переключатель, предназначенный для набора определённого значения сопротивления (0 до 15 кОм).
- S2 - переключатель, предназначенный для переключения вида схем.
- R1 и R2 - переменные (регулируемые) резисторы.

На рис. 5 показана электрическая схема вставки III.

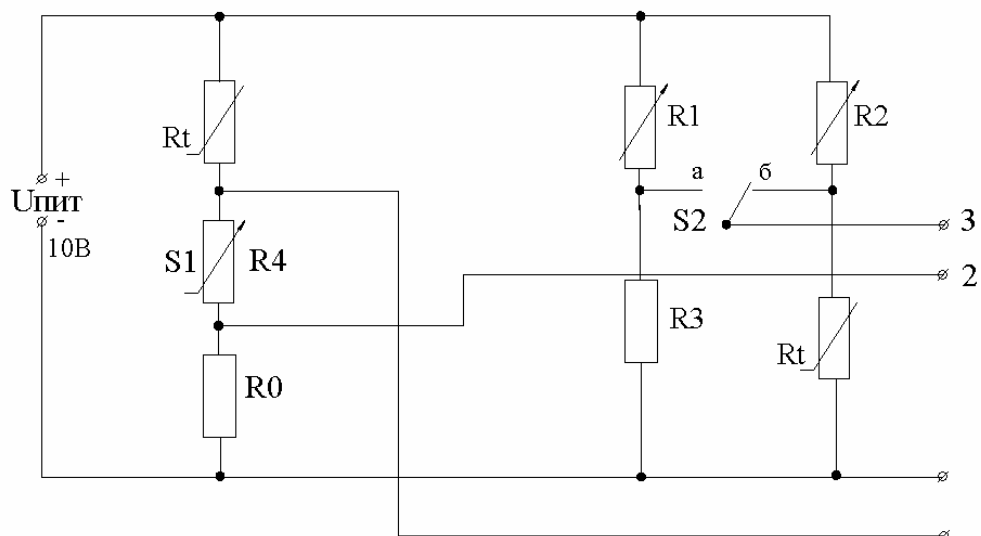


Рис. 5.

Вставка III в зависимости от подключения выходных контактов и положения переключателей S1и S2 (S1 – клавишный переключатель для набора сопротивлений R4) реализует четыре измерительных схемы: параллельную, последовательную и две мостовые измерительные схемы с одним или двумя терморезисторами. Эти схемы представлены на рис. 6.

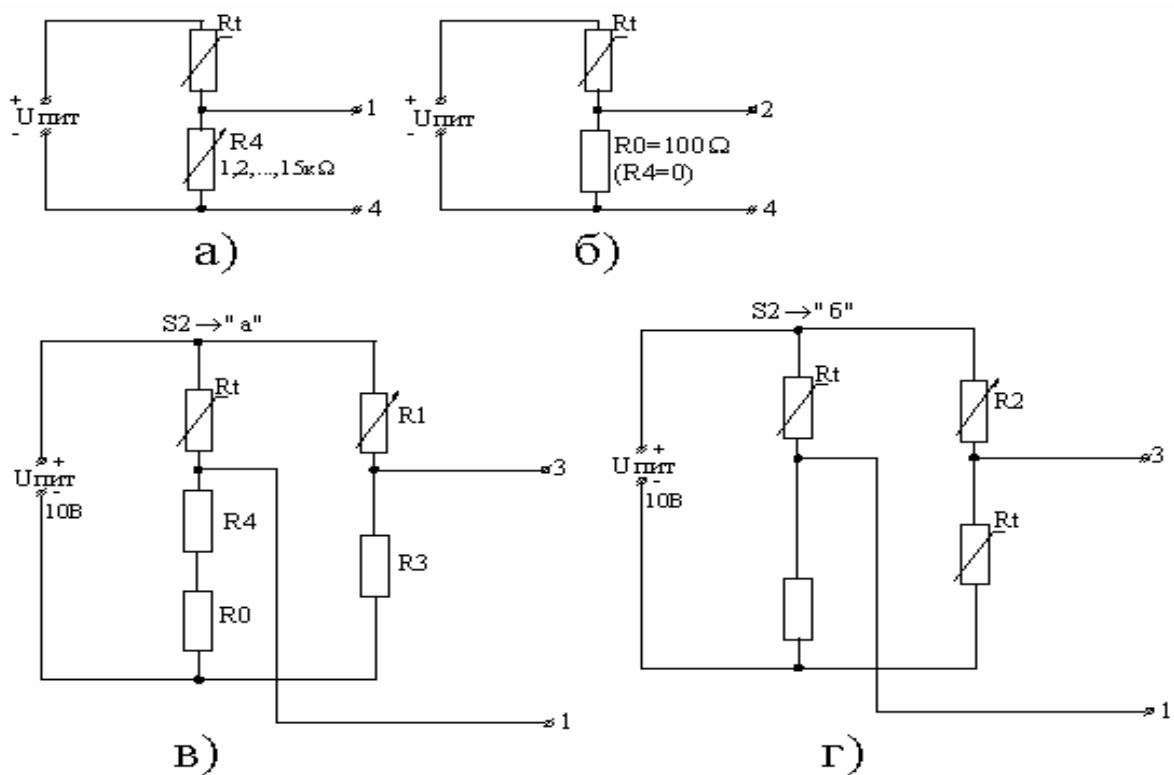


Рис. 6.

4. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯХ ТЕМПЕРАТУРЫ

Для измерения температуры применяются разнообразные ИП. Одной из наиболее обширных и распространённых групп являются *терморезисторы*.

Терморезисторы – это ИП температуры в изменении активного сопротивления. Применяются металлические и полупроводниковые ИП. Металлические терморезисторы обладают положительным температурным коэффициентом сопротивления (ТКС), колеблющимся от 0,35 до 0,7% на один градус изменения температуры. Для изготовления терморезисторов применяются металлы, обладающие высокой стабильностью ТКС, инертностью к воздействию окружающей среды. Это платина, медь, никель. Платиновые терморезисторы используются в диапазоне температур от -200 до +600⁰С. Сопротивление платиновых терморезисторов выражается соотношениями:

$$\text{– в диапазоне } 0 \div +650^{\circ}\text{C: } R_t = R_0(1 + At^0 + B(t^0)^2); \quad (1)$$

$$\text{– в диапазоне } -200 \div 0^{\circ}\text{C: } R_t = R_0(1 + At^0 + B(t^0)^2 + C(t - 100)^3), \quad (2)$$

где R_0 – сопротивление ИП при 0⁰С;

A, B, C – коэффициенты, определяемые свойствами материала преобразователя.

Медные терморезисторы применяются в диапазоне от -60 до 180⁰С. При расчёте сопротивления медных ТП можно пользоваться соотношением: $R_t = R_0(1 + \alpha t^0)$, (3)

где α – ТКС меди. Медные ТП имеют линейную зависимость $R_t = f(t)$, но при температуре свыше 200⁰С медь окисляется.

Свойства *платиновых ТП* отличаются высокой стабильностью, они обладают химической инертностью к изменяемой среде.

Промышленные терморезисторы (термометры сопротивления) выпускаются в России двух типов: ТСП – термосопротивления платиновые и ТСМ – термосопротивления медные. Никелевые ТП серийно не выпускаются, т.к. характеристики их $R = f(t^0)$ при температуре выше 100⁰ нелинейны и неоднозначны.

Металлические термометры сопротивлений являются одним из наиболее точных преобразователей температуры. Так, например, платиновые терморезисторы позволяют измерять температуру с погрешностью порядка 0,001⁰С.

Конструктивно промышленные термометры сопротивления выпускаются в виде чувствительных элементов, помещённых в защитный корпус. Чувствительный элемент изготавливается в виде спирали из платиновой или медной проволоки, закреплённой на слюдяном или платиновом каркасе.

Полупроводниковые терморезисторы (ПТР) отличаются от металлических меньшими габаритами большими значениями ТКС.

ТКС у ПТР отрицателен, температурная зависимость описывается формулами:

$$R_t = A e^{\beta/T} \quad (4)$$

где T – абсолютная температура; A, β – коэффициенты, или

$$R_t = R_1 e^{\beta \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_1} \right)} \quad (5)$$

где R_1 – сопротивление термистора при температуре T_1 .

Точность измерения температуры с помощью ПТР может быть достаточно высокой (погрешность порядка $0,01\text{K}$). С помощью разного типа ПТР можно измерять температуру в диапазоне -200° до 1000°C .

Недостатки ПТР – нелинейность зависимости $R_T = f(T)$ и значительный разброс параметров от образца к образцу (плохая взаимозаменяемость).

Нелинейность характеристики и технологический разброс параметров терморезисторов затрудняет получение линейных шкал термометров. Чтобы улучшить линейность и обеспечить взаимозаменяемость терморезисторов, необходимых при массовом производстве термометров, приходится применять специальные схемы линеаризации и унификации.

На рис. 7 представлены пассивные четырёхполюсники, применяемые для коррекции нелинейности характеристик термисторов. Число термонеzáвисимых резисторов ($R_1, R_2, R_3...$) в четырёхполюснике может быть разным и определяется в зависимости от того, в скольких точках характеристики нужно совместить характеристику с линейной.

На рис. 7, а, б, в представлены соответственно последовательная, параллельная и последовательно – параллельная схемы коррекции. На рис. 7, г и д – комбинированные схемы и на рис. 7, е – мостовая схема, получившая наибольшее применение при включении терморезистивных ИП.

Для измерения температуры применяется также другие виды полупроводниковых преобразователей. В частности, термодиоды, термотранзисторы, стабилитроны, работающие в диапазоне от 80° до 150°C на основе открытых и закрытых р-п переходов. Например, при заданном токе, напряжение на открытом переходе или стабилитроне линейно изменяется с температурой, причём ТКС для открытого р-п перехода отрицателен и составляет $2-3$ мВ/К, а для стабилитрона – положителен и достигает 8 мВ/К. Достоинством термодиодов и терморезисторов являются малые габариты, возможность взаимозаменяемости и, главное, дешевизна, позволяющая широко применять их в датчиках температуры.

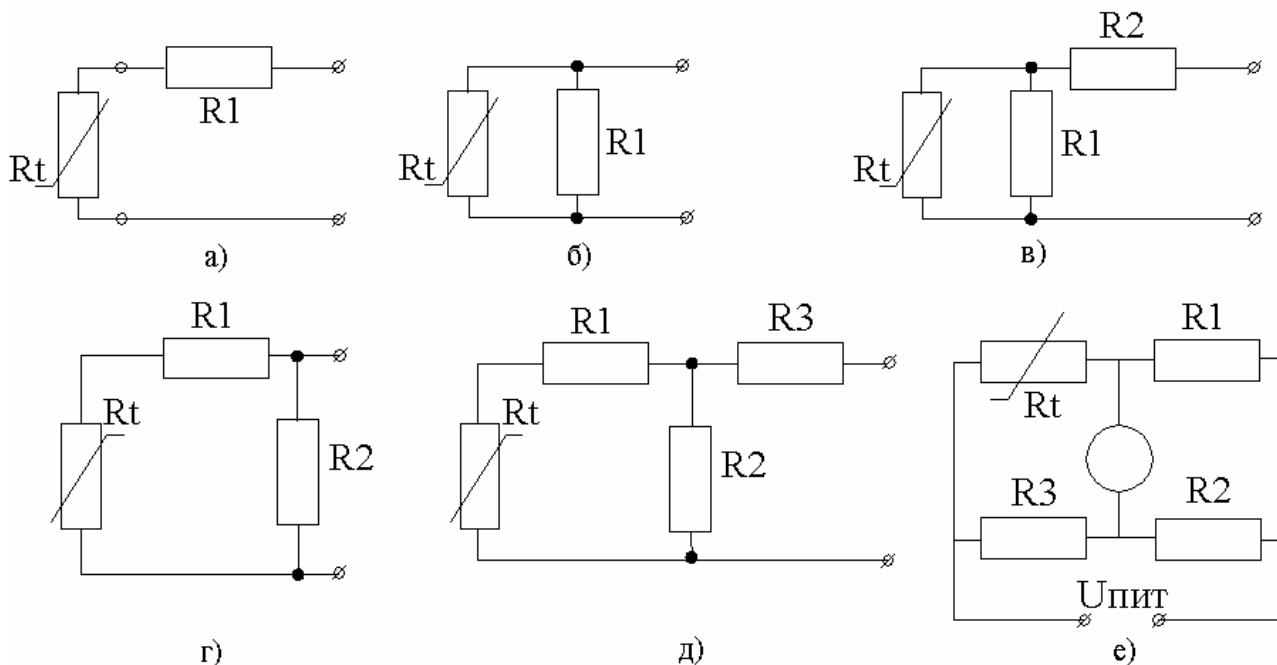


Рис. 7.

Термоэлектрические преобразователи (термопары).

Термопара представляет собой два проводника или полупроводника, два конца которых соединены между собой (рабочий спай), а два других (свободные концы) могут быть включены в цепь измерительного прибора (рис. 8).

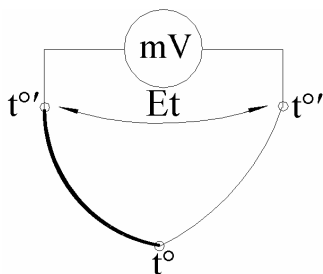


Рис. 8.

Рабочий спай нагревается до измеряемой температуры t^0 , а свободные концы имеют постоянную температуру t_0 . В цепи термопары возникает термоэлектродвижущая сила E_t , которая является функцией разности температур $E_t = f(t^0 - t_0^0)$. Зависимость $E_t = f(t)$ в широком диапазоне температур обычно нелинейна.

В России выпускаются разные виды промышленных термопар, некоторые из них приведены в табл.1.

Градуировка термопар осуществляется при температуре свободных концов t^0 , равной нулю. Если при практическом использовании термоэлектрического преобразователя t^0 отлична от нуля, то термоЭДС будет меньше и необходимо ввести соответствующую поправку в показания.

Таблица 1

Материал термоэлектродов	Обозначение типа термопары	Предел измерений при длительном применении °С	Максимальная t^0 кратковременного режима °С
Медь – копель	ТМК	-200...+100	-
Хромель – копель	ТХК	-50...+600	800
Хромель – алюмель	ТХА	-200...+1000	1300
Платинородий – платина	ТПП	0...+1300	1600
Вольфрамрений- (5%)			
Вольфрамрений- (20%)	ТВР	0...+2200	2500

Точность преобразования термопар ниже, чем у терморезисторов. На показания влияет нестабильность температуры свободных концов, изменение сопротивления термоэлектродов и соединительных проводов. Однако, они широко используются на практике, т.к. имеют широкий диапазон измеряемых величин, надёжны в работе, не требуют специальных измерительных схем включения.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К РАБОТЕ

- Какие ИП применяются для измерения температуры? Их принцип действия?
- Особенности металлических и полупроводниковых терморезисторов.
- Характер измерения $R = f(t)$ у полупроводниковых терморезисторов, схемы линеаризации.
- Принцип работы термоэлектрического преобразователя.
- Дать описание лабораторного макета и объяснить как установить выбранную температуру в камере термостата.
- Измерительные схемы включения терморезисторов, дать характеристику схем, используя рис. 5 и 6.

6. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ПРОГРАММЫ РАБОТЫ

6.1. Исследование температурных зависимостей различных тепловых измерительных преобразователей.

6.1.1. Вставку I поместить в камеру термостата и подготовить цифровой прибор Щ4313 к работе (см. приложение 2). Схема включения вставки представлена на рис. 9.

Не включая макет, измерить поочерёдно сопротивления тепловых ИП при комнатной температуре ($t=20...25^0\text{C}$).

Ручки 3 и 4 на макете вывести в крайнее левое положение.

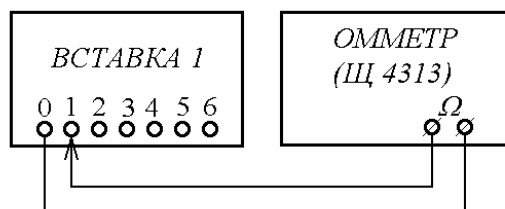


Рис. 9.

Включить лабораторный макет в сеть тумблером S1. Задавать различные значения температуры в термостате до 90⁰С (см. табл.2). Для задания выбранной температуры тумблер S2 установить в нижнее положение "уст.t⁰" и регулировочной ручкой 3 задать нужное значение температуры по индикатору 1. Перевести S2 в верхнее положение "изм.t⁰", а ручкой 4 установить по индикатору 2 режим нагрева (задать ток нагрева: при малых токах нагрев протекает медленно, при больших - быстрее). Так как тепловой процесс установки нужной температуры инерционен, потребуется некоторое время на достижение требуемой температуры нагрева термостата.

Необходимо дождаться, когда индикатор 1 покажет заданное значение температуры, об установке заданной температуры можно также судить по мерцанию светового индикатора нагрева 5. Подождать ещё 2 - 3 минуты для окончательной установки температурного режима. После чего провести измерения сопротивлений всех тепловых ИП с помощью прибора Щ4313. Одновременно температуру нагрева можно проконтролировать с помощью спиртового термометра, помещённого в центральное отверстие вставки.

Повторить измерения для всех остальных значений температур.

Данные эксперимента занести в табл. 2.

Примечание. Для диода и транзистора сделать по два измерения для каждого значения температуры - в прямом и обратном включении. Для чего достаточно провести переключение проводов на вставке макета или на выходе прибора Щ4313.

Таблица 2

t ⁰ С	Комнатная темпер.	30 ⁰	40 ⁰	50 ⁰	60 ⁰	70 ⁰	80 ⁰	90 ⁰	100 ⁰	S Ом град
ТСП	R, Ом									
	R _н									
ММТ-9	R, Ом									

Продолжение табл.2										
ММТ-4	R, Ом									
	R _н									
М1КОВ	R, Ом									
	R _н									
Диод п/п	R _{прям.}									
	R _{обр.}									
Тран- зистор р	R _{прям.}									
	R _{обр.}									

Чувствительность ИП к изменению температуры определяется из соотношения:

$$S = \Delta R / \Delta t \left[\frac{\text{Ом}}{\text{град}} \right]. \quad (6)$$

Чувствительность S рекомендуется определять в диапазоне температур 40 – 60⁰С.

Построить графики R_н=f(t⁰) для всех видов используемых ИП, сделать выводы по чувствительности и линейности.

R_н – нормированное значение сопротивления

$$R_n = \frac{R_t}{R_{\text{комн.}t^0}} \quad (7)$$

Примечание: Характеристики диода и транзистора не нормированы.

6.1.2. Исследование тепловых преобразователей вставки 4: терморезисторы металлические ТСМ и ТСП; термоэлектрический преобразователь. Провести исследование перечисленных ИП, пользуясь методикой, приведённой в п.6.1.1. Данные занести в табл. 3.

Примечание: Не забывайте переключать измерительный прибор Щ4313 на измерение постоянного напряжения (мВ) при исследовании термоэлектрического ИП.

Таблица 3

t ⁰ С	Комнатная температура	30 ⁰	40 ⁰	50 ⁰	60 ⁰	70 ⁰	80 ⁰	90 ⁰
тип ИП								
ТСП	R, Ом							
ТСМ	R, Ом							
Термоэл. ИП Е мВ								

Построить характеристики по данным табл. 3, сделать выводы.

6.2. Исследование схем линеаризации характеристик тепловых ИП с нелинейными зависимостями R=f(t).

Для проведения эксперимента в камеру термостата поместить вставку II. Собрать схему в соответствии с рис.10.

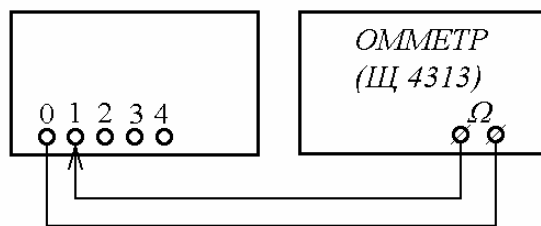


Рис. 10.

Схемы линеаризации, соответствующие выводам 2, 3, 4 смотрите на странице

При комнатной температуре, не включая в сеть лабораторный макет, измерить сопротивление терморезистора ММТ - 9 (клеммы 0 - 1) и выходные сопротивления схем линеаризации характеристики ММТ - 9 (клеммы 0 - 2; 0 - 3; 0 - 4).

Лабораторный макет включить в сеть и задавая различные значения температуры в термостате измерить при каждом ее значении сопротивление на выходе исследуемых схем. При снятии данных пользоваться методикой, изложенной в п.6.1.1.

Полученные данные занести в табл.4.

Таблица 4

$t, ^\circ\text{C}$	Комн. t^0	30	40	50	60	70	80	90	100
ММТ - 9 R кОм									
Схема 1 (клеммы 0 - 2)									
Схема 2 (клеммы 0 - 3)									
Схема 3 (клеммы 0 - 4)									

Построить графики полученных зависимостей, провести их сравнительный анализ (чувствительность, нелинейность) и сделать выводы.

6.3. Исследование измерительных схем включения тепловых ИП.

Для проведения исследования использовать вставку 3 (см. рис. 5 и 6). Для этого подключить к клеммам вставки источник постоянного тока и подготовить измерительный прибор Щ4313, который будет в процессе работы

подключаться к разным клеммам в зависимости от выбранной измерительной схемы включения тепловых ИП (рис. 11).

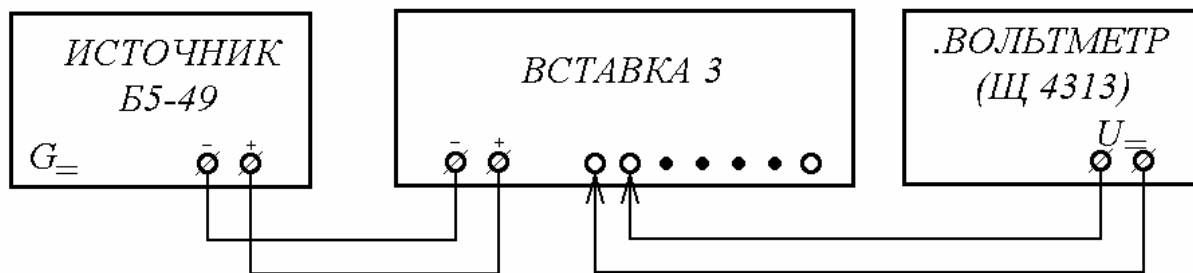


Рис. 11.

6.3.1 Исследование параллельной схемы включения делителя напряжения (рис. 5 и 6а).

Подключить измерительный прибор к клеммам 1 - 4 (в режиме измерения постоянного напряжения). Клавишным переключателем задавать различные значения сопротивления R_4 (от 1 до 15 кОм), с которого будет сниматься измеряемое напряжение.

Включить в схему источник питания (Б5-49), задать напряжение питания 10 В. При комнатной температуре измерить выходные напряжения при разных значениях R_4 .

Включить в сеть лабораторный макет и, задавая разную температуру в термостате, производить измерения выходных напряжений. При каждом значении температуры менять значения R_4 клавишным переключателем. Полученные данные занести в табл. 5.

Таблица 5

$t, ^\circ\text{C}$	Напряжение на выходе схемы $U_{д}, \text{В}$				
	$R_4=1 \text{ кОм}$	$R_4=2 \text{ кОм}$	-----	$R_4=14 \text{ кОм}$	$R_4=15 \text{ кОм}$
Комнатная температура					
30 ⁰					
40 ⁰					
50 ⁰					
60 ⁰					
70 ⁰					
80 ⁰					
90 ⁰					

6.3.2 Исследование последовательной (токовой) схемы включения (рис. 5 и 6, б).

Подключить измерительный прибор к клеммам 2-4. Таким образом мы будем измерять ток в последовательной схеме включения R_t косвенным путём, как падение напряжения на малом сопротивлении $R_0=10 \text{ Ом}$ ($R_0 \ll R_t$).

$$I = \frac{U_{2-4}}{R_0} \quad (8)$$

Ток в последовательной схеме включения будет зависеть от значения R_t , т.е. от температуры.

Не включая макет, провести измерение при комнатной температуре. Затем включить макет и задавая разные значения температуры, провести измерение тока, пользуясь выражением 8.

Полученные данные $I=f(t)$ занести в табл. 6. Сделать анализ полученных зависимостей по результатам п.п. 6.3.1 и 6.3.2.

Таблица 6

$t, ^\circ\text{C}$	Комн. температура	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
U_{2-4}								
I								

6.3.3 Исследование мостовых измерительных схем с одним и двумя терморезисторами.

Подключить измерительный прибор Щ4313 к клеммам 1–3 (в режиме измерения постоянного напряжения). При этом в положении 1 переключателя $S1$ на вставке 3 реализуется мостовая схема с одним терморезистором (рис. 5 и 6, а), а в положении 2 – мостовая схема с двумя терморезисторами.

Не включая в сеть лабораторный макет, при комнатной температуре произвести уравнивание мостовых схем. Для этого включить источник постоянного тока для питания мостовых схем. Установить напряжение питания 10В. Переключатель $S1$ включить в положение 1 и с помощью переменного резистора $R1$ уравновесить мостовую схему 1. Затем переключатель $S1$ перевести в положение 2 и с помощью переменного резистора $R1$ уравновесить мостовую схему 2.

Включить в сеть лабораторный макет и, задавая различные значения температуры до 100°C , при каждом заданном значении (контролировать термометром, помещенным в отверстие в центре вставки) измерить напряжение разбаланса мостовых схем. Для этого поставить $S1$ в положение 1, задать нужную температуру, пользуясь методикой пункта 6.1. Измерить напряжение на выходе моста с одним $R_t \rightarrow U_1$. Затем переключить $S1$ в положение 2 и при той же температуре измерить напряжение на выходе моста с двумя $R_t \rightarrow U_2$. Данные занести в табл. 7.

Таблица 7

t ⁰ С		Комнатная температура	30 ⁰	40 ⁰	50 ⁰	60 ⁰	70 ⁰	80 ⁰	90 ⁰	100 ⁰
Вид Схемы										
Мост1	U ₁ , мВ									
Мост2	U ₂ , мВ									

Построить графики $U_1=f(t^0)$ и $U_2=f(t^0)$, сделать выводы сравнивая результаты измерения.

7. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЁТА

- Титульный лист с указанием названия института, названия кафедры, номер и наименование работы, исполнители, дата выполнения работы;

- Цель работы;
- Программа работы;
- Схемы экспериментальных установок;
- Таблицы, основные соотношения;
- Примеры расчётов;
- Графики зависимостей;
- Выводы по отдельным пунктам работы и отдельные

выводы;

- Таблица приборов с указанием названия прибора, его пределов измерения, основной приведённой погрешности.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Инструкция по эксплуатации комбинированного цифрового прибора Щ4313 (Щ4300).

1. Комбинированный цифровой прибор Щ4313 предназначен:

Для измерения силы и напряжения постоянного и переменного тока;

Для измерения сопротивления постоянному и переменному току;

2. Технические данные:

Диапазон измерения:

U : 200 мВ ψ 2000 мВ,

I : 200 мА ψ 2000 мА,

R : 200 Ом ψ 2000 кОм.

3. Устройство выполнено в виде блоков бесфутлярной конструкции.

На передней панели прибора расположены кнопки и тумблеры управления:

- Тумблер включения питания от сети;
- Кнопки выбора режима работы;
- Кнопки выбора вида режима;
- Кнопки переключения диапазонов;
- Клеммы с указанием режима работы и полярности;
- Цифровое отсчётное устройство.

Порядок работы.

4.1 Включить в сеть шнур питания прибора.

4.2 Выбрать режим работы и вид режима, диапазон измерения нажатием кнопок (если значение измеряемой величины неизвестно, то измерение необходимо начинать с наибольшего предела измерения).

4.3 Тумблер "сеть" установить в положение "вкл.", при этом должно загореться цифровое отсчётное устройство.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Инструкция по эксплуатации источников питания постоянного тока Б5 - 48.

1. Источники питания постоянного тока предназначены для питания электрических схем постоянным напряжением.

2. Технические данные.

2.1. Прибор работает в режиме стабилизации напряжения и в режиме стабилизации тока.

2.2. Пределы установки выходных напряжений и токов указаны в табл. 1.

Таблица 1

Тип прибора	Предел установки выходного напряжения, В	Предел установки выходного тока, А
Б5 - 48	0.1 - 49.9	0.01 - 1.99

2.3. Основная погрешность установки выходного напряжения в режиме стабилизации напряжения не превышает следующих значений: $\pm(0.5\% U_{уст} + 0.1\% U_{max})$, В.

2.4. Основная погрешность установки выходного тока в режиме стабилизации тока не превышает следующих значений: $\pm(1\% I_{уст} + 0.2\% I_{max})$, А.

3. Устройство.

3.1. Источники питания выполнены в виде отдельных переносных блоков бесфутлярной конструкции. На передней панели прибора расположены все органы управления:

- Тумблер и индикатор включения питания сети.
- Кодовые переключатели установки напряжения и тока.
- Выходные клеммы с указанием полярности напряжения и тока.
- Индикаторы режимов работы.

4. Порядок работы

4.1. Вставить вилку шнура питания в розетку питающей сети.

4.2. Кодовые переключатели установки напряжения и тока установить в положение 0.01.

4.3. Переключатель "Сеть" установить в положение "Вкл.", при этом должна загореться лампочка "Сеть".

4.4. Работа источника питания в режиме стабилизации напряжения.

Кодовый переключатель напряжения установить в положение, соответствующее необходимому напряжению питания, а кодовый переключатель тока - в положение, соответствующее потребляемому току. При превышении током нагрузки прибора значения, установленного кодовым переключателем тока, прибор автоматически переходит в режим стабилизации тока.

Источник питания работает в режиме стабилизации напряжения при выполнении следующего условия: $R_H \geq U_{уст} / I_{уст}$, где $U_{уст}$ и $I_{уст}$ - соответственно устанавливаемые значения выходного напряжения и тока.

4.5. Работа источника питания в режиме стабилизации.

Кодовый переключатель напряжения устанавливается в положение, соответствующее максимальному значению, а кодовый переключатель тока - в положение, соответствующее необходимому току питания.

При повышении напряжения на нагрузке значения, установленного кодовым переключателем напряжения, прибор автоматически переходит в режим стабилизации напряжения. Источники питания работают в режиме стабилизации тока при выполнении следующего условия: $R_H < U_{уст} / I_{уст}$.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ТЕПЛОВЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Методические указания по подготовке и
выполнению лабораторной работы № 421 по
курсу "Методы и средства измерений"

Составитель: Борис Борисович Винокуров

Технический редактор _____

Подписано к печати _____

Формат 60x84/16. Бумага №2.

Плоская печать. Усл. печ. л. ____ . Уч. - изд. л. ____

Тираж _____ экз. Заказ № _____ Бесплатно.

Ротапринт ТПУ. 634004, Томск, пр. Ленина, 30.