

Практическая работа 1.

Определение номинальной статической характеристики термометра сопротивления.

Цель работы

- Познакомиться градуировочными таблицами термометров сопротивления и определить математическую зависимость их электрического сопротивления от температуры.
- Оценить погрешности измерения температуры с учетом сопротивления соединительных линий.

1. Теоретические основы

Многие проводники и полупроводники изменяют свое электрическое сопротивление при изменении температуры. Тепловое колебание кристаллической решетки металла пропорционально температуре, чем выше температура, тем больше колебания решетки, препятствующее движению свободных электронов, тем больше электрическое сопротивление.

Это свойство используют для измерения температуры.

Платиновые термометры сопротивления являются наиболее распространенным типом термометров сопротивления. Это объясняется тем, что платина имеет стабильную зависимость сопротивления от температуры и высокую стойкость к окислению, что обеспечивает их высокую воспроизводимость измерений.

Международные и национальные спецификации на термометры сопротивления

Организация, страна	стандарт	тип проволоки (альфа)	Номинальное сопротивление при 0 °C
Платиновые термометры			
Росстандарт (Россия)	ГОСТ 6651-2009	0.00385	100
		0.00391	100
International Electrotechnical Commission (IEC)	IEC 60751	0.00385	100

British Standards Association (BS)	BS 1904	0.00385	100
Fachnormenausschuß Elektrotechnik im Deutschen Normenausschuß (DIN)	DIN 43760 DIN IEC751	0.00385	100
Japanese Standard Association (JIS)	JIS C 1604	0.00392	100
MO3M (OIML)	OIML R84	0.00385 0.00391	-
ASTM International	ASTM E 1137	0.00385	100
American Scientific Apparatus Makers Association (SAMA)	RC21-4	0.003923	98.129
US Department of Defense	MIL-T-24388	0.00392	100
Медные термометры			
Россия	ГОСТ 6651-2009	0.00426 0.00428	100
MO3M (OIML)	OIML R84	0.00428 0.00426	-
Minco (USA)	стандарт Minco	0.00427 0.00427	9.035 100
Thermometrics Corporation (USA)	отраслевой стандарт	0.00427 0.00427 0.00427 0.00421 0.00421	10 9.035 100 (25 °C) 100 1000

2. Интерполяционные зависимости Каллендара-Ван Дьюзена для промышленных термометров сопротивления.

Экспериментально установлены и нормированы следующие зависимости сопротивления от температуры для разных типов проволоки, то есть для разных температурных коэффициентов сопротивления α

1. Платиновые ТС и ЧЭ, $\alpha = 0,00385 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

Для диапазона измерений от минус $200 \text{ } ^\circ\text{C}$ до $0 \text{ } ^\circ\text{C}$:

$$R_t = R_0[1 + At + Bt^2 + C(t - 100 \text{ } ^\circ\text{C}) t^3].$$

Для диапазона измерений от $0 \text{ } ^\circ\text{C}$ до $850 \text{ } ^\circ\text{C}$:

$$R_t = R_0(1 + At + Bt^2),$$

где R_t – сопротивление ТС, Ом, при температуре t , $^\circ\text{C}$,

R_0 – номинальное сопротивление ТС, Ом, при температуре $0 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Значения постоянных следующие:

$$A = 3,9083 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1};$$

$$B = -5,775 \cdot 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-2};$$

$$C = -4,183 \cdot 10^{-12} \text{ } ^\circ\text{C}^{-4}.$$

2. Платиновые ТС и ЧЭ, $\alpha = 0,00391 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

Для диапазона измерений от минус $200 \text{ } ^\circ\text{C}$ до $0 \text{ } ^\circ\text{C}$:

$$R_t = R_0[1 + At + Bt^2 + C(t - 100 \text{ } ^\circ\text{C}) t^3].$$

Для диапазона измерений от $0 \text{ } ^\circ\text{C}$ до $850 \text{ } ^\circ\text{C}$:

$$R_t = R_0(1 + At + Bt^2),$$

где R_t – сопротивление ТС, Ом, при температуре t , $^\circ\text{C}$,

R_0 – номинальное сопротивление ТС, Ом, при температуре $0 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Значения постоянных следующие:

$$A = 3,9690 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1};$$

$$B = -5,841 \cdot 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-2};$$

$$C = -4,330 \cdot 10^{-12} \text{ } ^\circ\text{C}^{-4}.$$

Примечание: несмотря на то, что зависимость в стандартах приводится до температуры $850 \text{ } ^\circ\text{C}$, платиновые термометры сопротивления должны использоваться с учетом класса допуска и спецификации производителя.

3. Медные ТС и ЧЭ, $\alpha = 0,00428 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

Для диапазона измерений от минус $180 \text{ } ^\circ\text{C}$ до $0 \text{ } ^\circ\text{C}$:

$$R_t = R_0[1 + At + Bt(t+6,7 \text{ }^\circ\text{C}) + Ct^3].$$

Для диапазона от 0 °С до 200 °С:

$$R_t = R_0[1 + At],$$

где R_t – сопротивление ТС, Ом, при температуре t , °С;

R_0 – номинальное сопротивление ТС, Ом, при температуре 0 °С.

Значения постоянных следующие:

$$A = 4,28 \cdot 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-1};$$

$$B = -6,2032 \cdot 10^{-7} \text{ }^\circ\text{C}^{-2};$$

$$C = 8,5154 \cdot 10^{-10} \text{ }^\circ\text{C}^{-3}.$$

Включены также медные термометры с $\alpha = 0,00426 \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ Диапазон от -50 °С до 200 °С;

Уравнение $R_t = R_0[1 + At]$,

где $A = 4,26 \cdot 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$

3. Порядок выполнения работы

1. Изучить структуру градуировочной таблицы для термометров сопротивлений,
2. Построить график зависимости сопротивления от температуры

Контрольные точки температуры Т°С

По построенным графикам (координата x – температура, координата y – значение сопротивления) сделать качественное заключение: является ли данная зависимость линейной или нет.

3. Определить возможную погрешность измерения действительного значения температуры объекта за счет погрешности термопреобразователя

Допустимое отклонение сопротивления термопреобразователей

Тип преобразователя					
	I	II	III	IV	V
ТСП	0.05	0.1	0.2	0.4	0.8
ТСМ	-	0.1	0.2	0.5	1.0

Тип	Допустимое отклонение номинального значения при 0 °С в % для классов

термопреобразователя	I	II	III	IV	V
Термометр сопротивления платиновый	$\pm 0,05$	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,4$	$\pm 0,8$
Термометр сопротивления медный	-	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,5$	$\pm 1,0$

По показателям точности термометры ТСП и ТСМ подразделяют на 5 групп

4. С помощью градуировочных таблиц определить тип термометра сопротивления, если известно его сопротивления при температурах T_1 и T_2 .

Вариант	Значения T_1, T_2, R_1, R_2				Тип градуировки
	$T_1, ^\circ\text{C}$	$R_1, \text{Ом}$	$T_2, ^\circ\text{C}$	$R_2, \text{Ом}$	
1	50	60,7	100	71,4	
2	50	59,86	100	69,75	
3	150	79,1	200	88,52	
4	80	67,12	160	84,2	
5	200	177,03	300	213,78	
6	50	60,7	150	82,3	

5. Используя градуировочную таблицу термометра сопротивления ТСМ 50 определить величину температурного коэффициента α в диапазоне температур согласно варианта с точностью до 3-го знака после запятой.

Вариант	Диапазон температур, $^\circ\text{C}$	
	Начальная температура	Конечная температура
1	0	50
2	50	100
3	100	150
4	150	200
5	25	125
6	75	175

6. При изменении температуры электрическое сопротивление термометров определяют градуировочными данными и приближенной формулой:

$$R = R_0 (1 + \alpha t)$$

R_t – сопротивление при температуре t ;

R_0 – сопротивление при $0\text{ }^\circ\text{C}$;

α – температурный коэффициент.

Основными факторами, влияющими на погрешность измерения температуры технологических объектов, являются: инерционность термодатчиков, неточная установка и монтаж датчика. При использовании термодатчиков для измерения температур агрессивных сред их приходится помещать в защитные гильзы, что повышает инерционность.

По инерционности датчики подразделяются на малоинерционные (до 9 сек), среднеинерционные (10 – 80сек), высокоинерционные – до 4 мин. Установочная (монтажная) длина датчиков от 60 до 3200мм.

<http://temperatures.ru/>

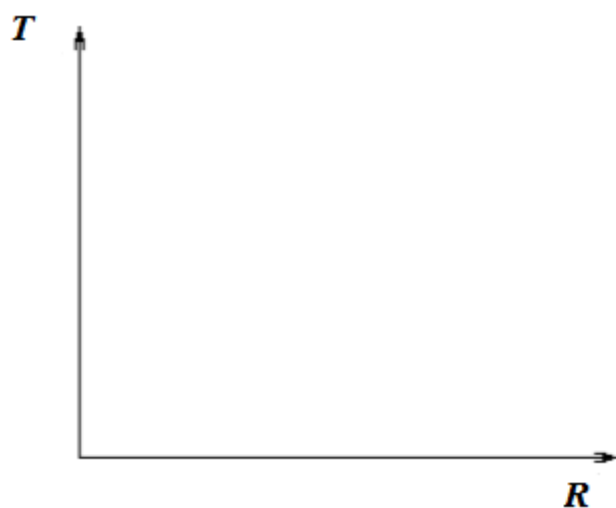
Образец оформления отчета

1. Сформулировать цель работы

2. Выполнить расчеты согласно задания по вариантам

2.1 График зависимости сопротивления от температуры.

Вариант	Температура, $^\circ\text{C}$											
Сопротивление												



2.2 Определение математической зависимости $T=f(R)$.

2.3 Определение типа градуировки термометра сопротивления

Вариант	Значения T_1, T_2, R_1, R_2				Тип градуировки
	$T_1, ^\circ\text{C}$	$R_1, \text{Ом}$	$T_2, ^\circ\text{C}$	$R_2, \text{Ом}$	

2.4 Определение погрешности сопротивления расчёта от номинала.

Вариант	Тип градуировки	Погрешность	Погрешность измерения температуры, $^\circ\text{C}$

2.5 Расчёт величины температурного коэффициента α

Вариант	Диапазон температур, $^\circ\text{C}$	
	Начальная температура	Конечная температура

3 Ответить на контрольные вопросы.

Литература

<http://temperatures.ru/>

Приложение 1.

Градуировка платинового термометра сопротивления

$R_0 = 10,00 \text{ ом}$.

T°C	-200	-190	-180	-170	-160	-150	-140	-130	-120	-110
ом	1,73	2,16	2,60	3,03	3,46	3,88	4,30	4,72	5,14	5,55
T°C	-100	-90	-80	-70	-60	-50	-40	-30	-20	-10
ом	5,96	6,37	6,78	7,19	7,60	8,00	8,40	8,80	9,20	9,60
T°C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
ом	10,00	10,40	10,79	11,18	11,58	11,97	12,31	12,75	13,14	13,52
T°C	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190
ом	13,91	14,29	14,68	15,06	15,44	15,82	16,20	16,58	16,95	17,33
T°C	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290
ом	17,70	18,08	18,45	18,82	19,19	19,56	19,92	20,29	20,65	21,02
T°C	300	310	320	330	340	350	360	370	380	390
ом	21,38	21,74	22,10	22,46	22,82	23,17	23,53	23,88	24,24	24,59
T°C	400	410	420	430	440	450	460	470	480	490
ом	24,94	25,29	25,64	25,98	26,33	26,67	27,02	27,36	27,70	28,04

Приложение 2.

Градуировка платинового термометра сопротивления

$R_0 = 46,00 \text{ ом}$.

T°C	-200	-190	-180	-170	-160	-150	-140	-130	-120	-110
ом	7,95	9,96	11,95	13,93	15,90	17,85	19,79	21,72	23,63	25,54
T°C	-100	-90	-80	-70	-60	-50	-40	-30	-20	-10
ом	27,44	29,33	31,21	33,08	34,94	36,80	38,65	40,50	42,34	44,17
T°C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
ом	46,00	47,82	49,64	51,45	53,26	55,06	56,86	58,65	60,43	62,21

T°C	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190
OM	63,99	65,76	67,52	69,28	71,03	72,78	74,52	76,26	77,99	79,71
T°C	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290
OM	81,43	83,15	84,86	86,56	88,26	89,96	91,64	93,33	95,00	96,68
T°C	300	310	320	330	340	350	360	370	380	390
OM	98,34	100,01	101,66	103,31	104,96	106,60	108,23	109,86	111,48	113,10
T°C	400	410	420	430	440	450	460	470	480	490
OM	114,72	116,32	117,93	119,52	121,11	122,70	124,28	125,86	127,43	128,99

Приложение 3.

Градуировка платинового термометра сопротивления

R0 = 100,00 ом.

T°C	-200	-190	-180	-170	-160	-150	-140	-130	-120	-110
OM	17,28	21,65	25,98	30,29	34,56	38,80	43,02	47,21	51,38	55,52
T°C	-100	-90	-80	-70	-60	-50	-40	-30	-20	-10
OM	59,65	63,75	67,84	71,91	75,96	80,00	84,03	88,04	92,04	96,03
T°C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
OM	100,00	103,96	107,91	111,85	115,78	119,70	123,10	127,49	131,37	135,24
T°C	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190
OM	139,10	142,95	146,78	150,60	154,41	158,21	162,00	165,78	169,54	173,29
T°C	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290
OM	177,03	180,76	184,48	188,18	191,88	195,56	199,23	202,89	206,53	210,17
T°C	300	310	320	330	340	350	360	370	380	390
OM	213,79	217,40	221,00	224,59	228,17	231,73	235,29	238,83	242,36	245,88
T°C	400	410	420	430	440	450	460	470	480	490
OM	249,38	252,88	256,36	259,83	263,29	266,74	270,18	273,60	277,01	280,41

Приложение 4.

Градуировка 23 медного термометра сопротивления

R0 = 53,00 ом.

T°C	-50	-40	-30	-20	-10	0	10	20	30	40
OM	41,71	43,97	46,23	48,48	50,74	53,00	55,26	57,25	59,77	62,03
T°C	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
OM	64,29	66,55	68,81	71,06	73,32	75,58	77,84	80,09	82,35	84,61
T°C	150	160	170	180						
OM	86,87	89,13	91,38	93,64						

Приложение 5.

Градуировка 24 медного термометра сопротивления

R0 = 100,00 ом.

T°C	-50	-40	-30	-20	-10	0	10	20	30	40
ом	78,70	82,96	87,22	91,48	95,74	100,00	104,26	108,52	112,78	117,04
T°C	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
ом	121,30	125,56	129,82	134,08	138,34	142,60	146,86	151,12	155,38	159,64
T°C	150	160	170	180						
ом	163,90	168,16	172,42	176,68						