

ТЕМПЕРАТУРНИ СЕНЗОРИ ИЗПОЛЗВАНИ В ИНДУСТРИЯТА

1. Индустиални стандарти.

Основните индустиални стандарти определящи електрическите характеристики на температурните сензори са DIN EN 60751, 60584. Стандартите DIN 43765, 43771 и 43772 определят температурните обхвати, свързванията, размера и здравината на корпусите за различните индустиални приложения. От особено значение за химическата промишленост е също така стандартът NAMUR.

2. Материали.

За по голямата част от приложенията се изискват корозоустойчиви и киселинно-устойчиви стомани. Когато средата е химически силно агресивна се прибегва до използването на специални устойчиви материали. Като допълнение присъединителните средства изработени от неръждаема стомана могат да бъдат покрити с материали устойчиви на химическата атака. Най често използваните материали за покритие са различните видове флуоропласти, титан, тантал и др. Клемните кутии се изработват от полиамидни материали или алуминий.

3. Измервателни вложки.

Обикновено температурните сензори са изградени от сменяема измервателна вложка монтирана в предпазен кожух. Тази вложка съдържа термодвойка или измервателно съпротивление като чувствителен елемент. Броят на чувствителните елементи може да бъде 1, 2 или 3, реализирани по 2-, 3- или 4- проводно свързване. Изработват се и виброустойчиви измервателни вложки.

4. Температурни трансмитери

Температурните трансмитери се вграждат директно в клемните кутии, като по този начин се осигурява минимално разстояние между тях и чувствителния елемент с цел намаляване на грешките от измерванията. Необходимо е да се вземат мерки температурата в клемната кутия да не надвишава максимално допустимата за нормална работа на трансмитера.

ТЕМПЕРАТУРНИ ИЗМЕРВАНИЯ СЪС СЪПРОТИВИТЕЛНИ ТЕРМОМЕТРИ

1. Описание на измервателния принцип.

Температурните измервания със съпротивителни термометри се базират на свойството на проводниците и полупроводниците да променят своето съпротивление във функция от температурата. Относителната промяна на съпротивлението в зависимост от температурата (dR/dt) е известна като температурен коефициент, който е различен за различните материали и обикновено не е постоянен в целия температурен диапазон. В крайна сметка математическата връзка между съпротивлението и температурата се изразява с полином от висок ред.

2. Структура на съпротивителните сензори.

Съпротивителните температурни сензори са изградени от платинова нишка навита на подходяща подложка и укрепена с керамика или стъкло. Поради изискванията за намаляване на размерите и постигане на високи съпротивителни стойности в момента се произвеждат сензори представляващи керамична пластина с отложен върху нея тънък резистивен слой.

За да се предпазят от механични повреди тези чувствителни елементи се поставят в подходящи защитни тръби (измервателни вложки), като по този начин се улеснява евентуалната подмяна. Температурните сензори се поставят директно в средата чиято температура трябва да се измери и затова защитните кожуси трябва да са съобразени с раличните случаи на приложение.

3. Методи на свързване.

Когато се използват съпротивителни термометри за измерване на температура трябва да се вземе под внимание съпротивлението на свързващите проводници. Съществуват три основни начина на свързване: 2-проводно, 3-проводно и 4-проводно.

Най - точно измерване се постига при 4-проводното свързване, където резултата не се влияе от съпротивлението или температурата на свързващите проводници. За измерване на температура на относително дълги разстояния нормално се използва 3-проводно свързване, при което се намалява влиянието на съпротивлението на свързващите проводници. При 2-проводното свързване съпротивлението на свързващите проводници се имерва напълно от измервателната система. При фиксирана температура това влияние може да се намали чрез въвеждане на компенсиращ температурно независим резистор.

4. Приложения.

Съпротивителните термометри могат да се използват в температурния диапазон от - 200 С до +600 С (800 С по изключение)

Техните предимства са:

- голям температурен обхват
- устойчивост на вибрации
- устойчивост срещу електрическа интерференция
- дълготрайност
- висока точност

Съпротивителните термометри намират приложение в следните области:

химическа индустрия
фармацевтична промишленост
електрически централи
хранителновкусова промишленост
минно дело
транспорт

ТЕМПЕРАТУРНИ ИЗМЕРВАНИЯ С ТЕРМОДВОЙКИ

1. Описание и принцип на измерването.

Термодвойката е съставена от два електрически проводника от различен материал съединени в единия си край посредством спойка. Двата свободни края се свързват към галванометър или електронно измервателно устройство. Ако съществува разлика в температурите на спойката и двата свободни края възниква термоелектродвижещо напрежение, чиято големина зависи от материалите на термодвойката и температурната разлика. При температурни измервания температурата на свободните краища трябва да бъде константна. Ако това не е възможно краищата на термодвойката се удължават с компенсационни кабели до място, където температурата е постоянна. Компенсационните кабели трябва да са направени от материали, които подхождат на отделните видове термодвойки. До +200 °C компенсационните кабели генерират същото електродвижещо напрежение както термодвойките, към които са свързани. Стандартите DIN 43713 и 43714 определят видовете термокомпенсационни кабели.

Най масово използваните видове термодвойки са:

NiCr-NiAl	тип K
Fe-CuNi	тип J
NiCr-CuNi	тип E
Fe-CuNi	тип L
Cu-CuNi	тип U
Cu-CuNi	тип T
PtRh30% - PtRh6%	тип B
PtRh87%/13%-Pt	тип R
PtRh90%/10%-Pt	тип S

2. Защитни корпуси.

Защитните корпуси на термодвойките трябва да бъдат адаптирани към определените технологични условия.

Термодвойките от благородни метали винаги трябва да имат собствен метален или керамичен корпус независимо от начина на монтаж.

При високи температури защитните корпуси трябва да се монтират вертикално за да се избегнат дефекти в следствие на деформация. Дългите защитни тръби трябва да бъдат подходящо укрепени.

3. Свързване.

Всички връзки трябва да бъдат абсолютно чисти и добре затегнати. Всяко съпротивление по линията може да доведе до грешки.

Положителния полюс на термодвойката трябва да се свърже с положителната клемма на измервателното устройство. При използването на удължителни термокомпенсационни кабели също трябва да се съблюдава поляритета.

4. Области на приложение.

В отрицателния температурен диапазон термодвойките могат да се използват до -200 С. За температури над +1000 С термодвойките се изработват от платина и платинородиеви сплави.

Предимствата на термодвойките са:

- много висок температурен диапазон
- бързодействие
- компактен дизайн
- изключително висока устойчивост срещу вибрации
- дълготрайност
- ниска цена при използването без защитен корпус

Термодвойките се използват в следните области:

- химическа промишленост
- фармацевтична промишленост
- електрически централи
- хранителновкусова промишленост
- минно дело
- стоманодобив и машиностроене
- керамична и стъкларска индустрия

Жични навити платинови термосъпротивления (табл.1)

Жичните навити платинови термосъпротивления се изработват по две основни технологии на навиване на съпротивителната жица:

чрез бифиларно навиване на платиновата нишка около стъклено или керамично тяло запечатани с тънък стъклен слой. Изработените по този начин термо съпротивления са с голяма механична здравина и устойчивост на вибрации. Техен недостатък е, че платиновата нишка няма пряк достъп до измерваната среда и е подложена на механични напрежения по време на температурните цикли.

чрез навиване на платиновата нишка на спирала и поставянето и в отвори по протежение на керамичното тяло на чувствителния елемент. За постигане на по - голяма механична здравина и устойчивост на вибрации спиралата е прикрепена на няколко места към тялото чрез стъкло или керамика.

Притежават следните технически параметри:

Работен температурен диапазон -200 С +800 С. Могат да работят без да се повредят и до температура +1100 С.

Устойчивост на вибрации достигащи до 30G в честотния диапазон 10Hz - 1kHz.

Отклонението от първоначалната стойност след 10 температурни цикли от - 200 С до 0 С и от 0 С до +600 С е 0.05%.

Самонагриване по-малко от 0.3 при 10mW разсейвана мощност.

Време за реагиране (достигане на 63% от крайната стойност)

диаметър на керамиката (мм)	4.5	3.2	2.8	2.4	2.0	1.6	1.5	1.2	0.9
време (sec)	0.7	0.4	0.4	0.3	0.25	0.15	0.1	0.08	0.03

Жичните навити термосъпротивления се произвеждат стандартно с клас на точност А и клас на точност В DIN IEC 751

Клас	Толеранс (0 С)	Толеранс % (0 С)
А	0.15	0.01
В	0.3	0.1

Толерансът на термосъпротивленията клас А е валиден до температура +650 С.

Други възможни толеранси

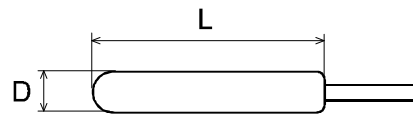
0.05% (1/2 DIN В)

0.03% (1/3 DIN В)

0.02% (1/5 DIN В)

0.01% (1/10 DIN В)

ЖИЧНИ НАВИТИ ПЛАТИНОВИ ТЕРМОСЪПРОТИВЛЕНИЯ



Тип	Толеранс при 0 С	Диаметър D (mm)	Дължина L (mm)
P100/7040	0.1%	4.0 + 0 - 0.03	70 + 0 - 0.5
P100/6548	0.1%	4.75 + 0 - 0.03	65 + 0 - 0.5
P100/5024 P2100/5024	0.1%	2.4 + 0 - 0.03	50 + 0 - 0.5
P100/5015 P2100/5015	0.1%	1.5 + 0 - 0.03	50 + 0 - 0.5
P100/3045 P2100/3045	0.1%	4.5 + 0 - 0.03	30 + 0 - 0.5
P100/3038 P2100/3038	0.1%	3.8 + 0 - 0.03	30 + 0 - 0.5
P100/2532 P2100/2532	0.1%	3.2 + 0 - 0.03	25 + 0 - 0.5
P100/2528 P2100/2528	0.1%	2.8 + 0 - 0.03	25 + 0 - 0.5
P100/2524 P2100/2524	0.1%	2.4 + 0 - 0.03	25 + 0 - 0.5
P100/2516 P2100/2516	0.1%	1.6 + 0 - 0.03	25 + 0 - 0.5
P100/2515 P2100/2515	0.1%	1.5 + 0 - 0.03	25 + 0 - 0.5
P100/2020 P2100/2020	0.1%	2.0 + 0 - 0.03	20 + 0 - 0.5
P100/1545 P2100/1545	0.1%	4.5 + 0 - 0.03	15 + 0 - 0.5
P100/1532 P2100/1532	0.1%	3.2 + 0 - 0.03	15 + 0 - 0.5
P100/1530 P2100/1530	0.1%	3.0 + 0 - 0.03	15 + 0 - 0.5
P100/1528 P2100/1528	0.1%	2.8 + 0 - 0.03	15 + 0 - 0.5
P100/1524 P100/1524	0.1%	2.4 + 0 - 0.03	15 + 0 - 0.5
P100/1520 P2100/1520	0.1%	2.0 + 0 - 0.03	15 + 0 - 0.5
P100/1516 P2100/1516	0.1%	1.6 + 0 - 0.03	15 + 0 - 0.5
P100/1515 P2100/1515	0.1%	1.5 + 0 - 0.03	15 + 0 - 0.5
P100/1512	0.1%	1.2 + 0 - 0.03	15 + 0 - 0.5
P100/1509	0.1%	0.9 + 0 - 0.03	15 + 0 - 0.5
P100/1508	0.1%	0.8 + 0 - 0.03	15 + 0 - 0.5
P100/1016	0.1%	1.6 + 0 - 0.03	10 + 0 - 0.5
P100/1012	0.1%	1.2 + 0 - 0.03	10 + 0 - 0.5
P100/1008	0.1%	0.8 + 0 - 0.03	10 + 0 - 0.5
P100/0815	0.1%	1.5 + 0 - 0.03	8 + 0 - 0.5
P100/0620	0.1%	2.0 + 0 - 0.03	6 + 0 - 0.5

таблица 1

Филмоотложени платинови термосъпротивления (табл.2)

Филмоотложените платинови термосъпротивления тип FMS2000, FMA2000 и FMP2000 представляват керамична подложка с отложен върху нея тънък резистивен слой. Приложими са за температурен диапазон $-50 \text{ } ^\circ\text{C}$ $+600 \text{ } ^\circ\text{C}$, в зависимост от типа на термосъпротивлението. Основни недостатъци на филмоотложените термосъпротивления в сравнение с навитите жични термосъпротивления са:

- по-малък температурен диапазон
- по-малка механическа устойчивост
- нежелан термоелектрически ефект от спойката между резистивния слой и удължителните краища
- по-слаба механична връзка между резистивния слой и удължителните краища
- по-голям самонагрев от работния ток

Характеризират се с висока стабилност на параметрите във времето. Като пример може да се посочи, че типа FMS2000 променя стойността си за 1000 часа работа при $400 \text{ } ^\circ\text{C}$ с по - малко от 0.02%.

Стойността на времето за реакция и коефициента на самозагриване за предлаганите типове могат да бъдат взети от таблица 2. За бърза ориентация при определяне на самозагриването на всеки температурен сензор в таблицата е даден ток в mA, който причинява самозагриване от 0.1 K при течаща вода или въздушен поток с определена скорост.

Препоръчително е използването им в температурен диапазон $-50 \text{ } ^\circ\text{C}$ $+400 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Температурните сензори се произвеждат стандартно с клас на точност А и клас на точност В съгласно DIN IEC 751. Стандартните отклонения от номиналните стойности за отделните класове са както следва:

Температура $^{\circ}\text{C}$	Толеранс на чувствителен елемент Pt 100			
	Клас А		Клас В	
	Ом	С	Ом	С
-200	0.24	0.55	0.56	1.3
-100	0.14	0.35	0.32	0.8
0	0.06	0.15	0.12	0.3
100	0.13	0.35	0.30	0.8
200	0.20	0.55	0.48	1.3
300	0.27	0.75	0.64	1.8
400	0.33	0.95	0.79	2.3
500	0.38	1.15	0.93	2.8
600	0.43	1.35	1.06	3.3
650	0.46	1.45	1.13	3.6
700	-----	-----	1.17	3.8
800	-----	-----	1.28	4.3
850	-----	-----	1.34	4.6

ФИЛМООТЛОЖЕНИ ПЛАТИНОВИ ТЕРМОСЪПРОТИВЛЕНИЯ

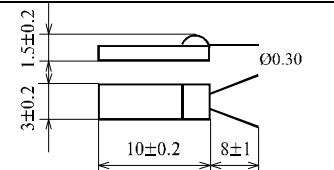
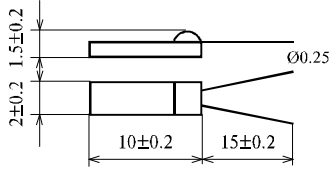
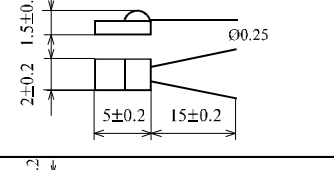
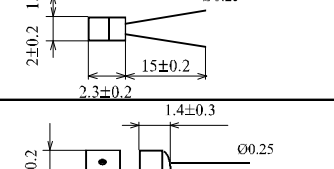
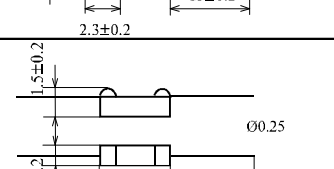
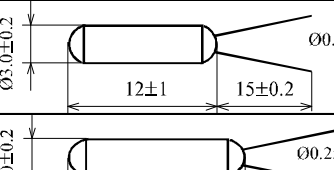
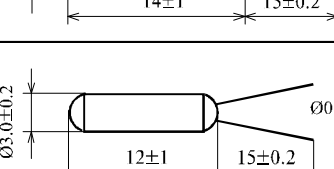
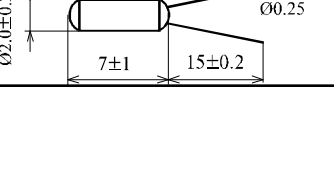

Работна температура	FMS2000 -50°C...+400°C		Време за реагиране , S				Енергийни параметри			
	FMA2000 -50°C...+400°C		Вода v=0.2m/S		Въздух v=1m/S		Коефициент mW/K		Раб. ток (mA) Dt=0.1K/ 20°C	
	FMP2000 -50°C...+600°C		T0.5	T0.9	T0.5	T0.9	вода v=0.2m/S	въздух v=1m/S	вода v=0.2m/S	въздух v=1m/S
	Тип									
	FMP2100	Pt100	0.07	0.4	8	30	130	8	10	2
	FMS2101 FMP2101	Pt100	0.07	0.3	6	20	110	6	10	2
	FMS2131 FMP2131	Pt500	0.07	0.3	6	20	110	6	4	1.1
	FMS2141 FMP2141	Pt1000	0.07	0.3	6	20	35	6	3	0.8
	FMS2103 FMP2103	Pt100	0.07	0.3	6	20	35	6	6	2
	FMS2133 FMP2133	Pt500	0.07	0.3	6	20	35	6	3	1
	FMS2105 FMP2105	Pt100	0.07	0.2	3	10	35	3.5	6	2
	FMA2105	Pt100	0.07	0.2	3	10	35	3.5	6	2
	FMS2104 FMP2104	Pt100	0.05	0.2	4	10	40	4	6	2
	FMS2132R	Pt500	1.3	5.0	15	50	40	10	3	1
	FMS2142R	Pt1000	1.3	5.0	15	50	40	10	2	1
	FMS2102R FMS2202R	Pt100 2xPt100	1.3 1.3	5.0 5.0	15 15	50 50	40 40	10 10	6 6	3 3
	FMS2103R	Pt100	0.07	0.3	6	20	40	6	6	2

таблица 2

**Градуировка по DIN 43760 / IEC 751 в (Ом) на чувствителен елемент
Pt100**

C	Ом	C	Ом	C	Ом	C	Ом
-200	18.49	100	138.50	400	247.04	700	345.13
-190	22.80	110	142.29	410	250.48	710	348.22
-180	27.08	120	146.06	420	253.90	720	351.30
-170	31.32	130	149.82	430	257.32	730	354.37
-160	35.53	140	153.58	440	260.72	740	357.42
-150	39.71	150	157.31	450	264.11	750	360.47
-140	43.87	160	161.04	460	267.49	760	363.50
-130	48.00	170	164.76	470	270.86	770	366.52
-120	52.11	180	168.46	480	274.22	780	369.53
-110	56.19	190	172.16	490	277.56	790	372.52
-100	60.25	200	175.84	500	280.90	800	375.51
-90	64.30	210	179.51	510	284.22	810	378.48
-80	68.33	220	183.17	520	287.53	820	381.45
-70	72.33	230	186.82	530	290.83	830	384.40
-60	76.33	240	190.45	540	294.11	840	387.34
-50	80.31	250	194.07	550	297.39	850	390.26
-40	84.27	260	197.69	560	300.65		
-30	88.22	270	201.29	570	303.91		
-20	92.16	280	204.88	580	307.15		
-10	96.09	290	208.45	590	310.38		
0	100.00	300	212.02	600	313.59		
10	103.90	310	215.57	610	316.80		
20	107.79	320	219.12	620	319.99		
30	111.67	330	222.65	630	323.18		
40	115.54	340	226.17	640	326.35		
50	119.40	350	229.67	650	329.51		
60	123.24	360	233.17	660	332.66		
70	127.07	370	236.65	670	335.79		
80	130.89	380	240.13	680	338.92		
90	134.70	390	243.59	690	342.03		

Градуировъчни характеристики на най-често използваните термодвойки

С	Тип U IPITS 68 DIN 43710	Тип L IPITS 68 DIN 43710	Тип T ITS 90 DIN EN 60584-1	Тип J ITS 90 DIN EN 60584-1	Тип E ITS 90 DIN EN 60584-1	Тип K ITS 90 DIN EN 60584-1	Тип N ITS 90 DIN EN 60584-1	Тип S ITS 90 DIN EN 60584-1	Тип R ITS 90 DIN EN 60584-1	Тип B ITS 90 DIN EN 60584-1
-200	-5.70	-8.15	-5.603	-7.890	-8.825	-5.891	-3.990			
-150	-4.69	-6.60	-4.648	-6.500	-7.279	-4.913	-3.336			
-100	-3.40	-4.75	-3.379	-4.633	-5.237	-3.554	-2.407			
-50	-1.85	-2.51	-1.819	-2.431	-2.787	-1.889	-1.269	-0.236	-0.226	
0	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50	2.05	2.65	2.036	2.585	3.048	2.023	1.340	0.299	0.296	0.002
100	4.25	5.37	4.279	5.269	6.319	4.096	2.774	0.646	0.647	0.033
150	6.62	8.15	6.704	8.010	9.789	6.138	4.302	1.029	1.041	0.092
200	9.20	10.95	9.288	10.779	13.421	8.138	5.912	1.441	1.469	0.178
250	11.98	13.75	12.013	13.555	17.181	10.153	7.597	1.874	1.923	0.291
300	14.90	16.56	14.862	16.327	21.036	12.209	9.341	2.323	2.401	0.431
350	17.92	19.36	17.819	19.090	24.964	14.293	11.136	2.786	2.896	0.596
400	21.00	22.16	20.872	21.848	28.946	16.397	12.974	3.259	3.408	0.787
450	24.15	25.00		24.610	32.965	18.516	14.846	3.742	3.933	1.002
500	27.41	27.85		27.393	37.005	20.644	16.748	4.233	4.471	1.242
550	30.80	30.75		30.216	41.053	22.776	18.672	4.732	5.021	1.505
600	34.31	33.67		33.102	45.093	24.905	20.613	5.239	5.583	1.792
650		36.64		36.071	49.116	27.025	22.566	5.753	6.157	2.101
700		39.72		39.132	53.112	29.129	24.527	6.275	6.743	2.431
750		42.92		42.281	57.080	31.213	26.491	6.806	7.340	2.782
800		46.22		45.494	61.017	33.275	28.455	7.345	7.950	3.154
850		49.63		48.715	64.922	35.313	30.416	7.893	8.571	3.546
900		53.14		51.877	68.787	37.326	32.371	8.449	9.205	3.957
950				54.956	72.603	39.314	34.319	9.014	9.850	4.387
1000				57.953	76.373	41.276	36.256	9.587	10.506	4.834
1050				60.890			43.211	10.168	11.173	5.299
1100				63.792			45.119	10.757	11.850	5.780
1150				66.679			46.995	11.351	12.535	6.276
1200				69.553			48.838	11.951	13.228	6.786
1250							50.644	12.554	13.926	7.311
1300							52.410	13.159	14.629	7.848
1350							54.138	13.766	15.334	8.397
1400								14.373	16.040	8.956
1450								14.978	16.746	9.524
1500								15.582	17.451	10.099
1550								16.182	18.152	10.679
1600								16.777	18.849	11.263
1650								17.366	19.540	11.848
1700								17.947	20.222	12.433
1750								18.503	20.877	13.014