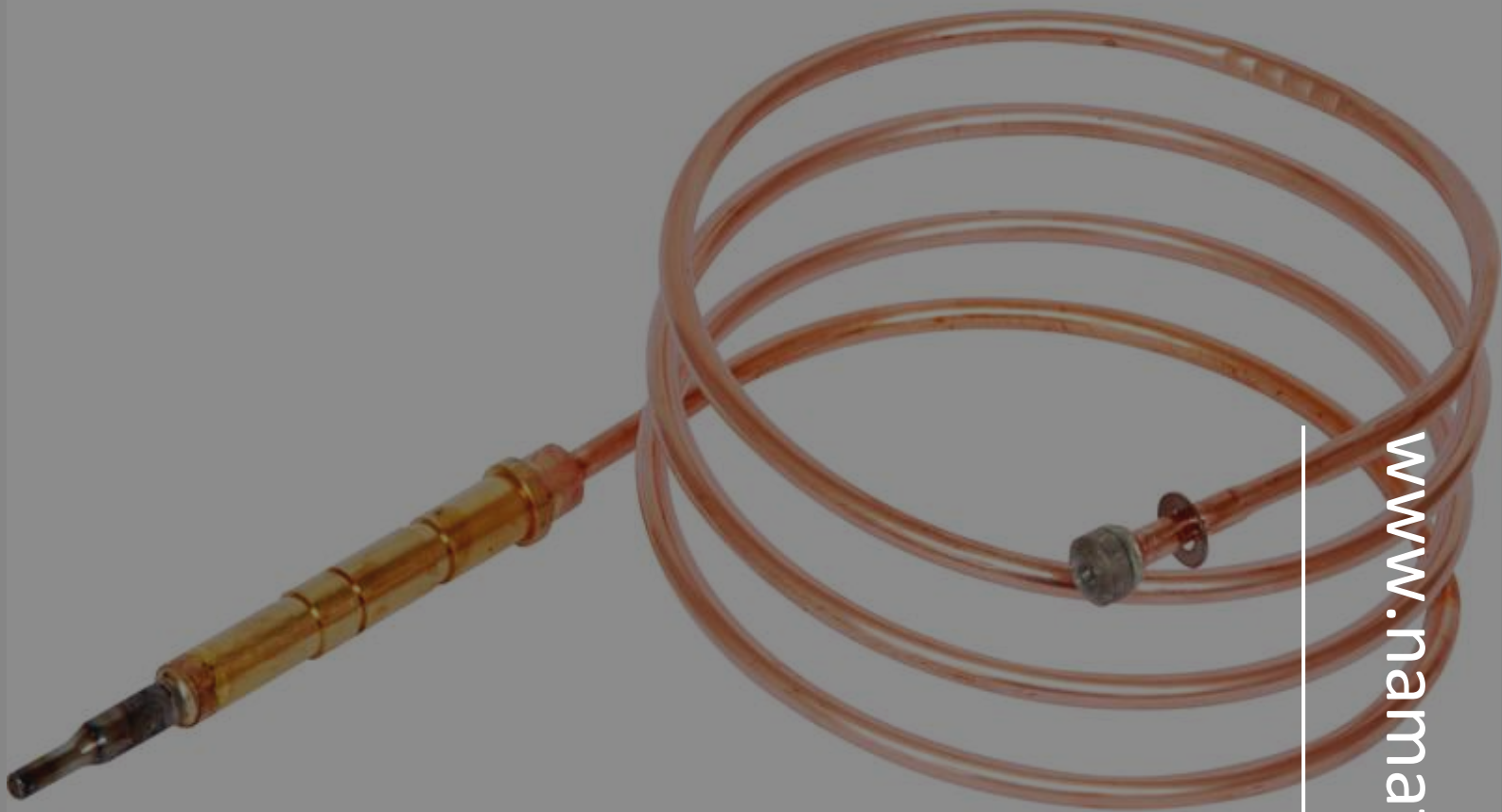




Namatek
True Education



www.namatek.com

Thermocouple

ترموکوپل

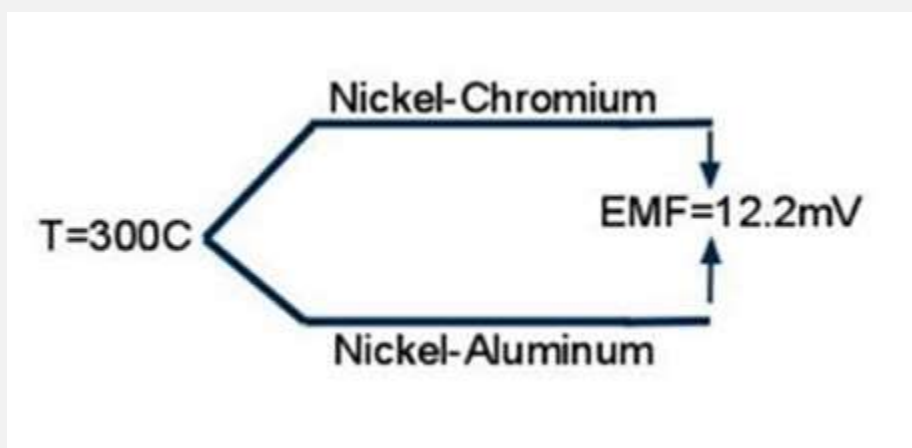
فهرست مطالب

۱. دماسنج ترموکوپل چگونه کار می کند
۲. انواع ترموکوپل Thermocouple Type
۳. قوانین ترموکوپل
۴. جمع بندی: تقسیم بندی المنت های اندازه گیری ترانسمیتر دما

ترموکوپل ها یکی از پرکاربردترین سنسورهایی هستند که در بسیاری از کارهای صنعتی و آزمایشگاهی برای اندازه گیری دما استفاده می شوند. در این مقاله ابتدا نحوه کارکرد دماسنج ترموکوپل را بررسی می کنیم. سپس قوانین و محاسبات مربوط به ترموکوپل ها را بررسی کرده و اتصالات سرد و گرم را معرفی خواهیم کرد. همچنین خواهیم دید که ترموکوپل ها دارای انواع مختلفی هستند که هرکدام برای برخی کاربردهای خاص استفاده می شوند.

دماسنج ترموکوپل چگونه کار می کند؟

ترموکوپل در واقع یک زوج (couple) فلز است.



همان طور که ملاحظه می کنید، دو فلز متفاوت (نیکل کروم و نیکل آلومینیوم) را به هم متصل کرده و در نقطه اتصال (Hot Junction)، دما

یا حرارت را به ترموکوپل می‌دهیم. در نتیجه ولتاژی در حدود چند میلی ولت در دو سر ترموکوپل ایجاد می‌شود. این ولتاژ خیلی کوچک را می‌توان به کمک مدارات الکترونیکی نظیر یک اپ امپ تقویت کنیم، تا در حدود ۱~۵ ولت قرار گیرد. سپس یک مقاومت $250\ \Omega$ نیز در مسیر آن گذاشته و جریانی بین ۴-۲۰ میلی آمپر را دریافت خواهیم کرد.

ترموکوپل ها به طور کلی دارای رنج اندازه گیری ۱۸۰۰~۲۰۰- درجه سانتی‌گراد هستند. این روش از آنجا که توسط آقای سی بک شناخته شد، به روش سی بک نیز معروف است.

انواع ترموکوپل (Thermocouple Type)

با توجه به نوع فلزاتی که مورد استفاده قرار می‌گیرد، ترموکوپل ها را به دسته‌های متنوعی تقسیم می‌کنند که سه نوع اول، رایج ترین آنها هستند. از نظر دمای اسمی، هر نوع ممکن است در دماهای مختلفی استفاده شود، ولیکن آنچه که به طور عملی و صنعتی عموماً از آن استفاده می‌شود، در زیر آورده شده است:

$$J < 500^{\circ}\text{C}$$

$$K > 500^{\circ}\text{C}$$

$$1000^{\circ}\text{C} < S < 1800^{\circ}\text{C}$$

جالب است بدانید که از نظر اسمی، تایپ L و تایپ K، هر دو می‌توانند بازه ۲۰۰- ~ ۱۲۰۰ درجه سانتی گراد را اندازه‌گیری کنند.

اما خاصیت خطی L در دماهای پایین‌تر از ۵۰۰ و K در دماهای بالای ۵۰۰ درجه منجر به این شده است که از آن در این بازه‌های دمایی، بیشتر استفاده شود.

به عنوان یک مثال کاربردی برای استفاده از نوع S، می‌توان به استفاده از آن در حوزه فولاد و اندازه‌گیری دمای ذوب کوره‌ها اشاره کرد.

جدول ترموکوپل‌ها

ترموکوپل‌ها از نظر رنگ بندی و متریال سازنده آن‌ها، مطابق با جدول زیر تقسیم بندی می‌شوند:

ANSI Code	ANSI MC 96.1 Color Coding		Alloy Combination		Comments Environment Bare Wire	Maximum T/C Grade Temp Range	EMF (mV) Over Max Temp Range	IEC 584-3 Color Coding		IEC Code
	Thermocouple Grade	Extension Grade	+ Lead	- Lead				Thermocouple Grade	Intrinsically Safe	
J			IRON Fe (magnetic)	CONSTANTAN COPPER-NICKEL Cu-Ni	Reducing, Vacuum, Inert. Limited Use in Oxidizing at High Temperatures. Not Recommended for Low Temperatures.	-210 to 1200°C -346 to 2193°F	-8.095 to 69.553			J
K			CHROMEAL [®] NICKEL-CHROMIUM Ni-Cr	ALOMEGA [®] NICKEL-ALUMINIUM Ni-Al (magnetic)	Clean Oxidizing and Inert. Limited Use in Vacuum or Reducing. Wide Temperature Range. Most Popular Calibration.	-270 to 1372°C -454 to 2501°F	-6.458 to 54.886			K
T			COPPER Cu	CONSTANTAN COPPER-NICKEL Cu-Ni	Mild Oxidizing, Reducing Vacuum or Inert. Good Where Moisture Is Present. Low Temperature & Cryogenic Applications.	-270 to 400°C -454 to 752°F	-6.258 to 20.872			T
E			CHROMEAL [®] NICKEL-CHROMIUM Ni-Cr	CONSTANTAN COPPER-NICKEL Cu-Ni	Oxidizing or Inert. Limited Use in Vacuum or Reducing. Highest EMF Change Per Degree.	-270 to 1000°C -454 to 1832°F	-9.835 to 76.373			E
N			OMEGA-P [®] NICHROSIL Ni-Cr-Si	OMEGA-N [®] NISIL Ni-Si-Mg	Alternative to Type K. More Stable at High Temps.	-270 to 1300°C -450 to 2372°F	-4.345 to 47.513			N
R	NONE ESTABLISHED		PLATINUM-13% RHODIUM Pt-13% Rh	PLATINUM Pt	Oxidizing or Inert. Do Not Insert in Metal Tubes. Beware of Contamination. High Temperature.	-50 to 1768°C -58 to 3214°F	-0.226 to 21.101			R
S	NONE ESTABLISHED		PLATINUM-10% RHODIUM Pt-10% Rh	PLATINUM Pt	Oxidizing or Inert. Do Not Insert in Metal Tubes. Beware of Contamination. High Temperature.	-50 to 1768°C -58 to 3214°F	-0.236 to 18.693			S
U	NONE ESTABLISHED		COPPER Cu	COPPER-LOW NICKEL Cu-Ni	Extension Grade Connecting Wire for R & S Thermocouples. Also Known as RX & SX Extension Wire.					U
B	NONE ESTABLISHED		PLATINUM-30% RHODIUM Pt-30% Rh	PLATINUM-6% RHODIUM Pt-6% Rh	Oxidizing or Inert. Do Not Insert in Metal Tubes. Beware of Contamination. High Temp. Common Use in Glass Industry.	0 to 1820°C 32 to 3308°F	0 to 13.820			B

قوانین ترموکوپل

نحوه نصب Thermocouple

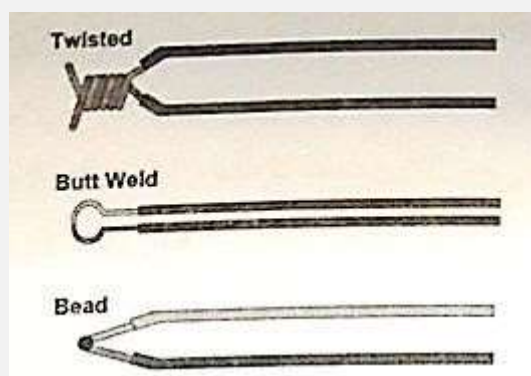
ابتدا ترموول بر روی خط نصب شده، سپس ترانسسمیتر ترموکوپل را در داخل

ترموول محکم می کنیم (در داخل ترانسسمیتر، المنت ترموکوپل قرار دارد).

از این طریق سیگنال جریانی به اتاق کنترل ارسال می شود.

ترموکوپل pt100

اتصال نقطه Hot junction در مورد ترموکوپل های pt100 به یکی از صورت های زیر می باشد:



نحوه اتصال پایه های Hot Junction در داخل ترموول

الف) اگر از یک المنت استفاده شود به آن Single می‌گوییم.

اگر از دو المنت استفاده شده باشد، Dual می‌گوییم.

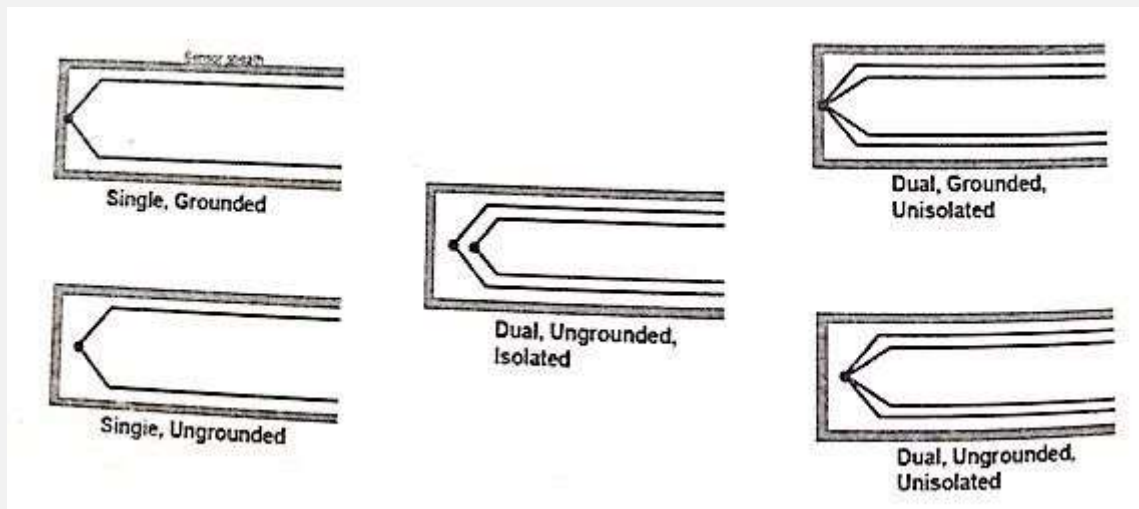
ب) اگر المنت به سطح جانبی ترموول متصل باشد، به آن Grounded می‌گوییم.

اگر المنت به سطح جانبی متصل نباشد، به آن Ungrounded می‌گوییم.

اگر المنت از سطح جانبی بیرون زده باشد، به آن Exposed می‌گوییم.

ج) اگر دو المنت داشته و به هم متصل باشند، Connected (isolated) می‌گوییم.

اگر این دو المنت به هم متصل نباشند، به آن ها non-Connected می‌گوییم.



۱. به صورت **Grounded**: که در این حالت پاسخ زمانی سریع تری داریم، اما

پایه ها در معرض نویز الکتریکی (امواج الکترومغناطیسی) هستند.

۲. به صورت **Ungrounded**: پاسخ زمانی آهسته تر است (مثلا ۵ ثانیه یک

بار دما به روز رسانی می شود) ولی در معرض نویز نیستند.

۳. به صورت **Dual - connected**: دو ترموکوپل است که نقطه Hot

junction در آن ها یکی است. هر مشکلی پیش بیاید هر دوتایشان دچار

اشکال می گردند.

۴. به صورت **Dual- not connected**: اتصال دو ترموکوپل از هم جدا است.

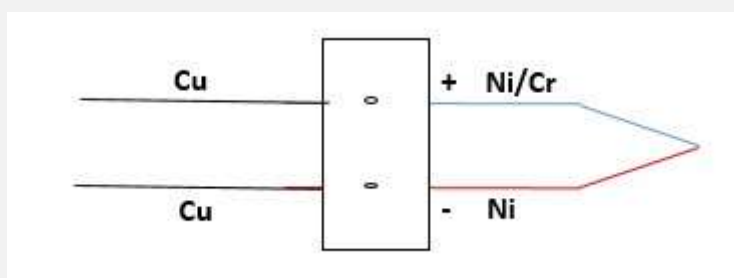
ممکن است هم دما یا کمی غیر هم دما باشند که در این حالت ضریب

اطمینان بالاتر است. زیرا اگر یکی خراب شود، دیگری همچنان کار می کند.

۵. همچنین در جاهایی که تغییرات دما بیش از حد مهم بوده (مثلا توربین)، سنسور دما کمی بیرون تر از ترموول بوده و سنسور در معرض هوای داخل محیط است.

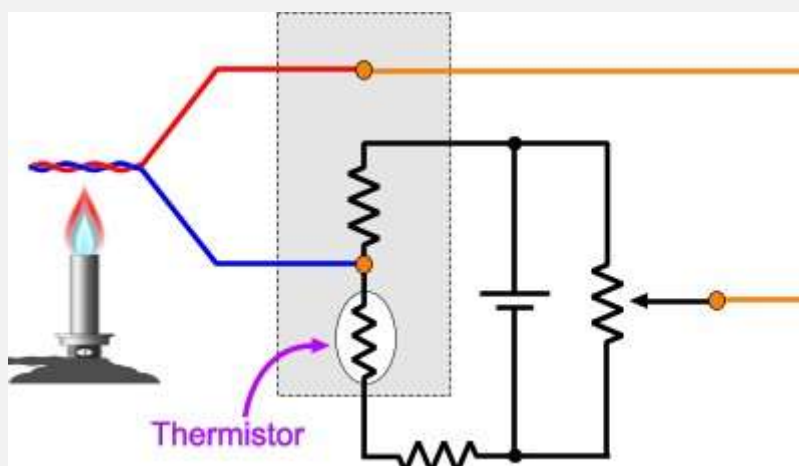
جبران سازی اتصال سرد (Cold Junction Compensation)

در داخل ترانسمیتر، شماتیکی مشابه تصویر زیر را داریم:



این را هم به عنوان یک نکته کاربردی و عملی بدانید که طبق استاندارد که برای ترموکوپل بیان کردیم، کابل قرمز رنگ همواره پایه منفی خواهد بود. اگر دقت کنید، مس با نیکل/کروم و مس با نیکل در نقاط اتصالی فوق، مجدداً یک ترموکوپل را می سازند. یعنی به ناچار یک V_{emf} در نقاط اتصال ایجاد شده که با وجود اندک بودن، روی ولتاژ ترموکوپل اثر می گذارد. این اتصال منجر می شود که یک خطای عمده در اتاق کنترل داشته باشیم.

روند کار بدین صورت است که یک بلوک ایزوله‌ای دمایی در داخل ترانسمیتر مطابق همان بلوک شکل قبلی قرار داده می‌شود (به آن جبران ساز اتصال سرد گوییم). که عموماً در داخل این بلوک از مقاومت NTC یا همان ترمیستور استفاده می‌شود.

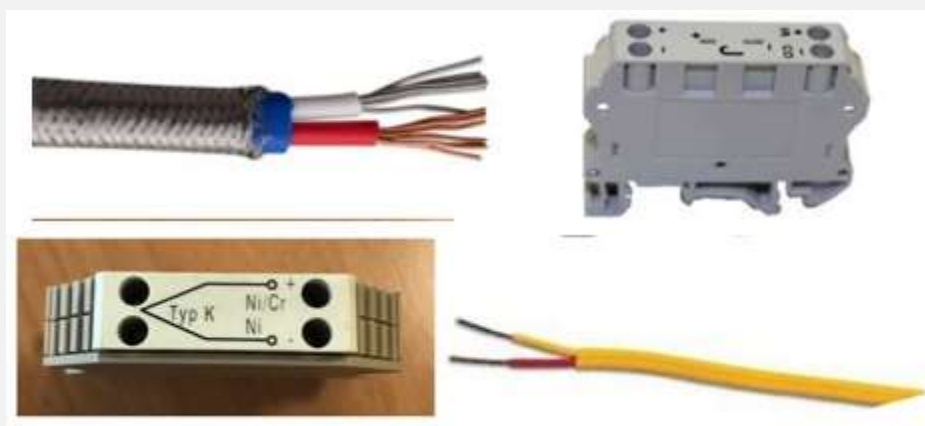


به کمک مقاومت‌هایی که در این روش استفاده می‌شود، اثر emf بوجود آمده را از بین برده و با کمترین خطا می‌توانیم کابل مسی را به ترمینال متصل کنیم.

تذکر: پس اگر ترانسمیتر مربوط به ترموکوپل را سفارش گذاری می‌کنید، حتماً در دیتاشیت مربوطه، واژه Cold Junction Compensation را تیک زده و حتماً از وِندور (سازنده) بخواهید که بلوک ایزوله دمایی را برایتان نصب کرده یا در داخل ترانسمیتر قرار دهد.

نکته: راهکار دیگری نیز وجود دارد که مقدار اندازه گیری شده را مستقیماً و به صورت مقاومتی به اتاق کنترل ارسال کرده (بدون استفاده از H.J) و کارتی مخصوص را در PLC استفاده نماییم تا دما مستقیماً اندازه گیری شود.

اگر قصد داشتید که سیگنال ترموکوپل را با کابل و ترمینال هایی به صورت مستقیم به اتاق کنترل انتقال دهید، حتماً نوع ترمینال و کابل های استفاده شده بایستی مطابق با نوع ترموکوپل باشند.



جمع بندی: تقسیم بندی المنت های اندازه گیری ترانس میترا دما

با توجه به خاصیت خطی المنت هایی که تا اینجا معرفی کردیم و تجربه ای که از استفاده از آن ها در صنعت وجود دارد،

برای دما های مختلف (برحسب درجه سانتی گراد) به ترتیب زیر عمل خواهیم کرد:

1- $RTD < 300^{\circ}C$

2- $Thermocouple > 300^{\circ}C$

که نوع ترموکوپل ها را نیز در قسمت قبلی به سه بخش تقسیم بندی کردیم.

2-1 $300^{\circ}C < J < 500^{\circ}C$

2-2 $K > 500^{\circ}C$

2-3 $1000^{\circ}C < S < 1800^{\circ}C$