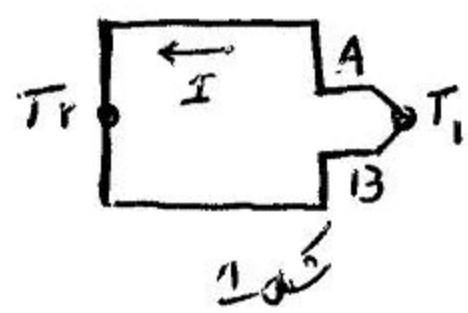
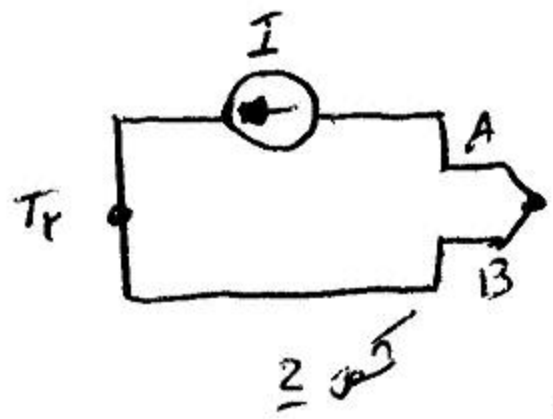
«ترموکوپل»

ترموکوپل ها متداول ترین اندازه گیری های الکتریکی دما در صنعت می باشند. از مزایای آن می توان به سادگی ارزانی - استحکام و دوام در دمای مناسب اشاره نمود. حوزه اندازه گیری نسبتاً وسیع (۱۵۰۰ تا ۲۰۰-) و استفاده در شرایط مختلف گوناگون از دیگر مزایای آن هست. سرعت پاسخ دهی نسبتاً خوب (در ثابت زمانی کوچک) با رعایت موارد فنی در محل نصب آنها دستخوش تغییرات زیادی نمی شود. ترموکوپل ها براساس پدیده ترموالکتریک (seebeck effect) کار می کنند. هرگاه دو فلز غیرهمسان تشکیل یک مدار بسته دهند و در محل اتصال آنها در دو دمای متفاوت نگه داشته شود، جریان الکتریکی در مدار ایجاد می شود. این اثر را اثر seebeck یا پدیده ترموالکتریک گویند. نکته جالب این است که عکس این پدیده نیز امکان پذیر است یعنی



شکل ۱

اگر در مدار شکل ۲ جریان الکتریکی ثابت I را برقرار کنیم دمای متفاوتی در محلهای اتصال مشاهده خواهیم کرد. این پدیده را اثر (peltier) می گویند.



شکل 2

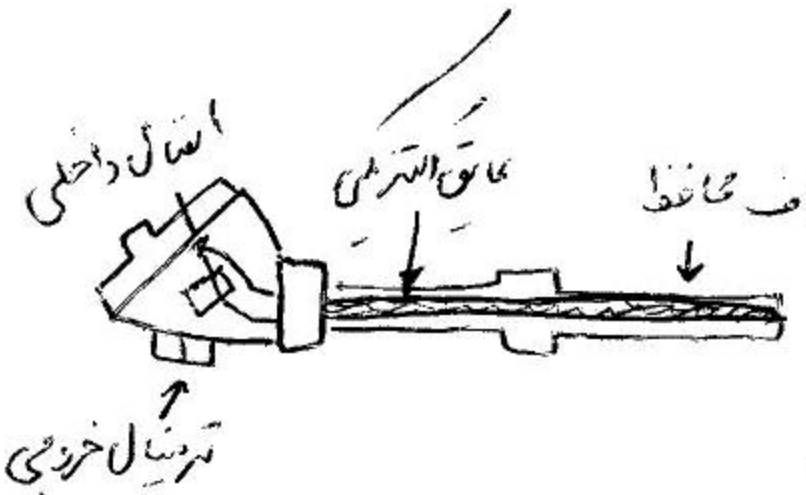
یک ترموکوپل مطابق شکل از اتصال دو فلز غیرهمسان تشکیل شده است. این اتصال در عملکرد عادی برای اندازه گیری دمای آن (T1) هستیم قرار داده می شود، اتصال دما (T2) را نیز معمولاً در دمای صفر قرار می دهیم که در این حالت جریان الکتریکی یا ولتاژ ایجاد شده متناسب با دمای مورد اندازه گیری T1 می باشد.

در کاربردهای ترموکوپل را مستقیماً توسط سیمهای رابط به دستگاه اندازه گیری متصل می نمایند. در این حالت دمای مبنا (T2) همان دمای محیط یعنی دمای محل اتصال سیمهای رابط به دستگاه اندازه گیری می باشد. در چنین مواردی اندازه گیری حساسیتی براساس دمای محیط متناسب شده و در صورت تغییرات آن زیاد شود مدارهایی جهت حذف اثر تغییرات دمای محیط در نظر گرفته شده، ترموکوپل ها برحسب دو فلز تشکیل دهنده آنها نامگذاری می شوند. در ادامه اساسی ترین مشخصات ترموکوپل ها آورده خواهد شد.

نام ترموکوپل	سیم مثبت (P) سیم منفی (N)	جنس فلز	°C حوزه اندازه گیری
B	BP BN	رودیم ۳۰٪ - پلاتین رودیم ۶٪ - پلاتین	۱۸۰۰ تا ۰
E	EP EN	کرومل - نیکل مس - نیکل	۱۰۰۰ تا ۱۹۰-
J	JP JN	آهن مس - نیکل	۱۰۰۰ تا ۰
K	KP KN	کرومل - نیکل سیلیکون - آلومینیوم - نیکل	۱۲۰۰ تا ۰
R	RP RN	رودیم ۱۳٪ - پلاتین پلاتین	۱۷۹۰ تا ۰
S	SP SN	رودیم ۱۰٪ - پلاتین پلاتین	۱۷۹۰ تا ۰
T	TP TN	مس مس - نیکل	۳۸۰ تا ۸۰-

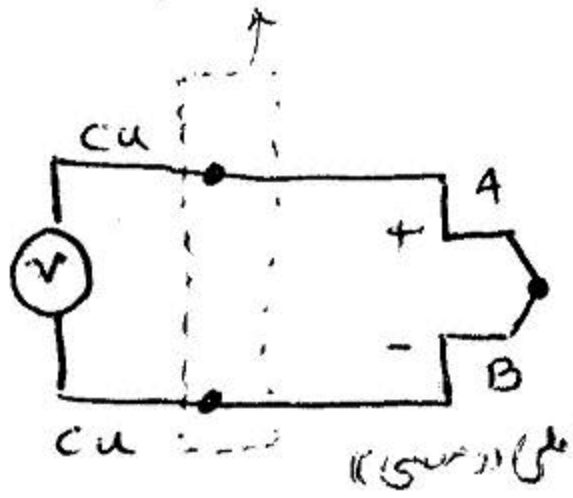
منظور از سیم مثبت و منفی این است که هنگام ترموکوپل copper - constantant یعنی ترموکوپلی که از دو فلز مس و کنستانتان تشکیل شده بدان قرار است که هرگاه دمای اندازه گیری T_1 بیشتر از دمای مرجع T_2 باشد، فلز سمت چپ دارای ولتاژ مثبت است به فلز سمت راست خواهد بود. ترموکوپل های صنعتی را با نام تجاری معرفی می کنند مانند کنستانتان و کرومل و آلومل و... ترموکوپل E ماخلرات پایه (base) یعنی نوع J و K و T تا برای اندازه گیری دما تا کمتر از ۱۰۰۰ درجه سانتی گراد مناسب است. برای اندازه گیری دما تا حدود ۲۰۰۰ درجه نیز از ترموکوپل های ماخلرات اصیل (Noble) و دیرگداز (Refractory) یعنی نوع S و R استفاده می کنیم.

برای جلوگیری از خوردگی و آلودگی که ممکن است تغییر مشخصات ترموکوپل و اخلال در کار آن می شود و همچنین حفاظت مکانیکی آن معمولاً ترموکوپل را در یک لفاف محافظ قرار می دهند.



غلاف محافظ امکان نصب ترموکوپل در محل مورد نظر را فراهم می آورد اما استفاده از غلاف محافظ موجب افزایش ثابت زمانی ترموکوپل می گردد و نحوه نصب ترموکوپل نیز حسب پروسه مورد نظر می تواند متفاوت باشد. در جائی که ماده مورد نظر در حال حرکت است ترموکوپل باید در محلی نصب گردد که دارای بیشترین سرعت حرکت ماده باشد در اینصورت تبادل حرارتی سریع بوده و اندازه گیری سریعتر و دقیقتر خواهد بود.

اگر سرعت ماده خیلی کم باشد بهتر است از روشهای دیگر برای افزایش سرعت تبادل حرارت بین ماده و ترموکوپل استفاده کنیم. در پروسه های دارای فشار خیلی بالا مثل کوره ها بهتر است ترموکوپل را بطور عمود از سقف نصب کنیم چرا که نصب افقی موجب خمیدگی ترموکوپل می شود.



اندازه گیری دما با ترموکوپل و دمای محیط مبنا: شکل روبرو طرح ساده ای تبدیل ولتمتر به ترمومتر را نمایش می دهد. در واقع فلز A و B در محیط مبنا از طریق یکی از تبادلی (در صبی) به کندکتور متصل می گردند. در این حالت دمای مبنا، دمای محیطی است که در آن ترمینال های ترموکوپل به سیم های مسی متصل گردیده اند.

طرح حلقه کنترل دما با ترموکوپل در محیط های صنعتی:

هنگامیکه دمای تحت کنترل بیشتر از ۱۵۰°C باشد معمولا از ترموکوپل بعنوان اندازه گیر استفاده می شود. دقت ترموکوپل در دامنه اندازه گیری خود تولید می کند در حد میلی ولت است. بعلاوه هنگامیکه دمای مطلوب نزدیک دمای اندازه گیری باشد سیگنال خطا بسیار کوچک خواهد بود و تقویت سیگنال بسیار کوچک با بهترین تقویت کننده ها نیز کار دشواری است. وجود نویزهای ناخواسته در سیر مراحل استفاده از تقویت کننده های dc را عملاً غیر ممکن می سازد. در چنین مواقعی ما استفاده از یک مدار خاص سیگنال dc را به صورت یک سیگنال ac تقویت می نمائیم و پس از تقویت مجدداً آن را به سیگنال dc تبدیل می کنیم.

مدار چاپر از یک ترانزیستور FET و یک اسیلاتور تشکیل شده است. فرکانس اسیلاتور پالس مربعی تولید می کند که این پالس مربعی به گیت FET اعمال می شود. در این حالت قسمت کم مثبت پالس اعمال می شود FET خاموش بوده و بصورت یک سوئیچ باز عمل می کند و ولتاژ تحریک بر طبقه بعدی (یعنی پیش تقویت کننده preamp) اعمال می گردد و همان لحظه پالس صفر می شود FET روشن شده و بصورت یک سوئیچ بسته عمل می کند و ولتاژ مقدار تنظیم را به طبقه پیش تقویت کننده ارسال می کند. پس ترانزیستور کار یک تقویت کننده عکس پالس بالا را انجام می دهد مگنال را تقویت می کند. این سگنال وارد قسمت دمودلاتور که از ترانزیستور FET تشکیل شده می شود. این ترانزیستور نیز مانند سوئیچ عمل می کند با این تفاوت که گیت آن توسط پالس مربعی که با پالس مدار چاپر ۱۸۰ درجه اختلاف فاز دارد تحریک می شود. نحوه کار بدین صورت است که وقتی سگنال خطا مثبت است دمودلاتور قسمت مثبتی را حذف می کند و بالعکس. این سگنال توسط یک مقاومت و خازن فیلتر شده و به dc تبدیل می گردد و سپس مدار امیتر فالوور به طبقه کنترل کننده ارسال می شود. سگنال خطای dc وارد مدار انتگرال گیر که از دو op. amp تشکیل شده می شود. برای اندازه گیری دقیق دما، ولتاژ مدت آمده را به یک سیگنال آنالوگ به دیتال اعمال می کنیم. پس آنرا به میکروکنترلر اعمال کرده تا تغییرات دما را به طور دقیق نمایش دهد.