

اندازه‌گیری دما

یک آزمایش ساده برای درک اهمیت دماسنج‌ها:

دو ظرف یکسان انتخاب کرده، در یکی آب گرم و در دیگری آب سرد بریزید. حال یک دست خود را در آب گرم و دست دیگر را در آب سرد فرو برید. حال هر دو دست را در آب نیم‌گرم وارد کنید. احساس شما چیست؟

قطعا دستی که ابتدا در آب گرم بوده است، آب نیم‌گرم را سردتر و دست دیگر آن را گرمتر احساس خواهد کرد. بنابراین با این آزمایش ساده می‌توان نتیجه گرفت که قضاوت ما در مورد دما می‌تواند نسبتاً گمراه کننده باشد. علاوه بر این گستره حس دمایی ما محدود است و ما به یک معیار معین و عددی برای تعیین دما نیاز داریم.

دماسنج‌های اولیه

نخستین وسیله واقعی علمی برای اندازه‌گیری دما در سال 1592 توسط [گالیله](#) اختراع شد. وی برای این منظور یک بطری شیشه‌ای گردن‌باریک انتخاب کرده بود. بطری با [آب](#) رنگین تا نیمه پر شده و وارونه در یک ظرف محتوی آب رنگین قرار گرفته بود. با تغییر دما، هوای محتوی شکم بطری منبسط یا منقبض می‌شد و ستون آب در گردن بطری بالا یا پایین می‌رفت. در این وسیله، گالیله توجه نداشت که مقیاس برای سنجش دما بکار برده، بطوری که وسیله وی، بیشتر جنبه دما نما داشت تا جنبه دماسنج.

در سال 1635، فردیناند توسکانی، که به علوم علاقه‌مند بود، دماسنجی ساخت که در آن از [الکل](#) استفاده کرد و سر لوله را چنان محکم بست که الکل نتواند [تبخیر](#) شود. سرانجام، در سال 1640، دانشمندان آکادمی لینیچی، در ایتالیا، نمونه‌ای از دماسنج‌های جدیدی را ساختند که در آن [جیوه](#) به کار برده و هوا را دست کم تا حدودی، از قسمت بالای لوله بسته خارج کرده بودند.

توجه به این نکته جالب است که در حدود نیم قرن طول کشید تا دماسنج کاملاً تکامل یافت و حال آنکه میان کشف [امواج الکترومغناطیسی](#) و ساختن نخستین تلگراف بی‌سیم، یا میان کشف [اورانیوم](#) و نخستین [بمب اتمی](#) چند سالی بیشتر طول نکشید.

مقیاس‌های دمایی:

بسیاری خواص فیزیکی سنجش‌پذیر وجود دارند که همچنانکه ادراک فیزیولوژیکی ما از دما تغییر می‌کند، آنها نیز تغییر می‌کنند. از جمله این خواص می‌توان از حجم یک مایع، طول یک میله، مقاومت الکتریکی یک سیم، فشار یک گاز در حجم ثابت، حجم یک گاز در

فشار ثابت و رنگ نور رشته یک لامپ نام برد. هر یک از این خواص را می‌توان برای ساختن یک دماسنج یعنی بوجود آوردن یک مقیاس خصوصی دما، بکار برد. چنین مقیاس دمایی را با انتخاب یک ماده دماسنجی بخصوص و استفاده از خاصیت دماسنجی خاصی از این ماده، ایجاد می‌کنیم.

انتخاب نقاط مرجع برای دماسنج

برای تعریف مقیاس دمایی، بیاید یک جسم دماسنجی و یک کمیت دماسنجی را در نظر بگیریم. برای مثال ما می‌توانیم جسم دماسنجی را به فرم یک میله آهنی با طول مشخص در نظر بگیریم که طول، ویژگی دماسنجی است. برای شروع، حداقل دو نمونه درجه حرارت یا نقاط مرجع که به آسانی قابل حصول باشند، در نظر می‌گیریم. مهمترین درجه حرارتهایی که به آسانی تعیین می‌شوند، عبارتند از: درجه حرارتی که در فشار اتمسفر آب در آن می‌جوشد و همچنین درجه حرارتی که آب در آن یخ می‌بندد. این نقاط مرجع، نقطه جوش و نقطه انجماد آب نامیده می‌شود.

مقیاس دمای کلوین

بکار بردن یک نقطه مرجع، به عنوان مثال نقطه ذوب یخ واندازه‌گیری دما از روی نسبت فشارها که با معادله حالت به یکدیگر ارتباط دارند می‌توانست ساده‌تر باشد. بدیهی است، انتخاب نقطه ذوب یخ، به عنوان نقطه مرجع، کاملاً مناسب نیست. زیرا این نقطه تابع فشار است و معمولاً نمی‌توان آنرا بصورت قابل اعتماد تکرار کرد.

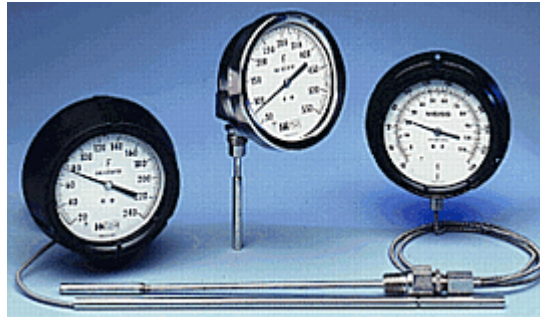
در نتیجه امروزه، به عنوان نقطه مرجع، نقطه سه گانه آب را بکار می‌برند. این نقطه دمایی است که در آن سه حالت آب، بخار آب و یخ در تعادلند. در هر دما بخار آب روی یخ فشار معینی را اعمال می‌کند، اگر دما به تدریج بالا رود، در لحظه‌ای که یخ شروع به آب شدن می‌کند، هر سه فاز به حال تعادل در می‌آیند. این حالت با دمای 0.01°C سانتیگراد متناظر است.

نقطه 0.01°C سانتیگراد را می‌توان در آزمایشگاه نسبتاً آسان تولید کرد و از اینرو آن را نقطه مرجع مقیاس ترمودینامیکی انتخاب کرده‌اند و دقیقاً برابر 273.15 درجه کلوین قرار داده‌اند. صفر قراردادی مقیاس سیلسیوس برابر است با 273.15 درجه کلوین، این عدد را از این نظر انتخاب کرده‌اند تا دما روی مقیاس جدید عملاً بر مقیاس دو نقطه مرجع پیشین منطبق باشد.

انواع دماسنج‌ها و خطاهای موجود در آنها:

دماسنج گازی:

جنس، ساختمان، و ابعاد دماسنج در ادارات و موسسات مختلف سراسر دنیا که این دستگاه را به کار می‌برند. تفاوت دارد و به طبیعت گاز و گستره دمایی که دماسنج برای آن در نظر گرفته شده است، بستگی دارد. این دماسنج شامل حبایی از جنس شیشه، چینی، کوارتز، پلاتین یا پلاتین - ایریدیم (بسته به گستره دمایی که دماسنج در آن به کار می‌رود)، که به وسیله یک لوله موئین به فشارسنج حیوهای متصل است، می‌باشد. این دماسنج براساس دو قانون ذکر شده در مورد گاز کامل کار می‌کند. که در بخش قوانین گازها به آن اشاره شد.



دماسنج گازی ساده

در دماسنج گازی ساده شده با حجم ثابت، مخزن جیوه‌ای طوری بالا و پایین برده می‌شود که سطح هلالی جیوه در سمت چپ همیشه با نقطه شاخص در تماس باشد. فشار حباب برابر با مجموع فشار ارتفاع h و فشار اتمسفر است. گاز در حباب (B) که معمولاً از جنس پلاتین یا یکی از آلیاژهای آن است) توسط یک لوله موئین با ستون جیوه M ارتباط پیدا می‌کند، قرار دارد. حجم گازی را با تنظیم ارتفاع ستون جیوه M تا آنجا که سطح فوقانی جیوه نوک یک شاخص کوچک (به نام نقطه شاخص) را در فضای بالای M لمس کند، ثابت نگه می‌داریم. این فضا معروف به فضای مرده یا حجم مزاحم است.

ستون جیوه M با بالا یا پائین بردن مخزن جیوه تنظیم می‌شود. اختلاف ارتفاع h بین دو ستون جیوه M و M' را یک بار هنگامی که حباب توسط سیستمی که می‌خواهیم دمای آن را اندازه بگیریم، احاطه شده است، اندازه می‌گیریم و بار دیگر وقتی که سیستم را آب در نقطه سه گانه احاطه کرده است.

خطای موجود در دماسنج گازی

- گاز موجود در فضای مرده (و در هر حجم مزاحم دیگر) در دمایی متفاوت با دمای گاز داخل حباب است.
- گاز داخل لوله موئین که حباب را به فشارسنج وصل می‌کند، دارای شیب دماست، یعنی دمای آن یکنواخت نیست.
- حباب، لوله موئین، حجم‌های مزاحم با تغییر دما و فشار تغییراتی را سبب می‌شوند.
- اگر قطر لوله موئین با مسیر آزاد میانگین مولکولهای گاز قابل مقایسه باشد، یک شیب فشار در لوله موئین وجود خواهد داشت. (اثر ترمین)
- مقداری گاز توسط دیواره‌ها، حباب و لوله موئین برآشامیده می‌شود. هر قدر دما پائین‌تر باشد، برآشامی بیشتر است.
- اثراتی وجود دارند که ناشی از دما و تراکم پذیری جیوه در فشارسنج هستند.

اصلاح دماسنج گازی

در سالهای اخیر، اصلاحات بزرگ زیادی در طرح دماسنجهای گازی صورت گرفته است. دو تای این اصلاحات بطور طرح‌وار بدین صورت می‌باشند که به جای گاز «دماسنجی» درون حباب که مستقیماً با جیوه درون فشارسنج تماس دارد، دو حجم جداگانه گاز

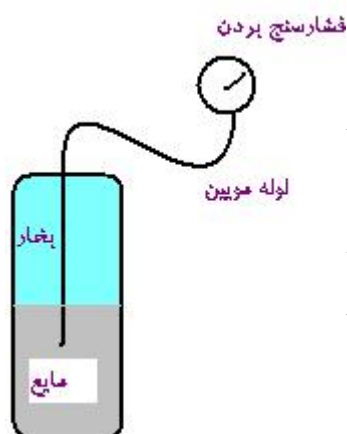
وجود دارند: گاز دماسنجی، که تا یک دیافراگم ادامه دارد و به یک طرف آن فشار وارد می‌آورد و یک گاز فشارسنجی که در طرف دیگر دیافراگم قرار دارد و به فشارسنج مرتبط است. دیافراگم خود یکی از صفحات [خازنی](#) است که صفحه دیگر آن در همان نزدیکی تثبیت شده است. اختلاف فشار در دو طرف دیافراگم باعث حرکت جزئی دیافراگم می‌شود. در فشار متعارفی جو، اختلاف فشاری برابر یک قسمت در یک میلیون قابل آشکارسازی است. وقتی دیافراگم هیچ انحرافی را نشان ندهد، فشار گاز فشارسنجی برابر با فشار گاز دماسنجی است و قرائت فشارسنج، فشار گاز داخل حباب را بدست می‌دهد.

دماسنج مایعی

این نوع دماسنج یکی از رایج‌ترین انواع دماسنج‌های مورد استفاده در صنعت و غیره می‌باشد. عمده‌تاً این نوع دماسنج را بعنوان دماسنج‌های جیوه‌ای یا الکلی می‌شناسیم. ساختمان این نوع دماسنج‌ها از یک مخزن مایع و یک لوله موئین تشکیل شده که مایع درون مخزن در اثر انبساط از لوله موئین بالا رفته و دمای متناسب را نشان می‌دهد.

دماسنج جیوه‌ای را می‌توان برای اندازه‌گیری دما از $37/8$ تا 315 سانتیگراد استفاده نمود. اما اگر فضای بالای سطح جیوه را از گاز ازت پر نمایند، می‌توان تا دمای 538 درجه از آن استفاده نمود.

دماسنج انبساط سیال



این نوع دماسنج یکی از باصرفه‌ترین، رایج‌ترین و تطبیق پذیرترین وسایل اندازه‌گیری دما در صنعت می‌باشد. اساس کار این دماسنج در شکل مقابل نشان داده شده است. همانگونه که ملاحظه می‌شود با افزایش دما فشار درون حباب که می‌تواند محتوی مایع، گاز یا بخار باشد، بالا رفته و توسط فشار سنج اندازه‌گیری می‌شود. طول لوله موئین می‌تواند تا 60 متر باشد؛ اما این مقدار بر دقت اندازه‌گیری دما تأثیر گذار خواهد بود. بهترین حالت زمانی است که از لوله موئین کوتاه که به یک ترانس دیوسر فشار الکتریکی متصل شده استفاده گردد.

دماسنج‌های الکتریکی

این نوع دماسنج‌ها اصولاً کاربردهای فراوانی در صنعت داشته و قادرند از دماهای پایین تا دماهای بسیار بالا را اندازه‌گیری نمایند. که عمده‌تاً بصورت مقاومتی و ترموکوپل هستند.

- دماسنج با مقاومت الکتریکی:



دماسنج مقاومتی به صورت یک سیم بلند و ظریف است، معمولاً آن را به دور یک قاب نازک می پیچند تا از فشار ناشی از تغییر طول سیم که در اثر انقباض آن در موقع سرد شدن پیش می آید، جلوگیری کند. در شرایط ویژه می توان سیم را به دور جسمی که منظور اندازه گیری دمای آن است پیچید یا در داخل آن قرار داد. درگستره دمای خیلی پایین، دماسنجهای مقاومتی معمولاً از مقاومتهای کوچک رادیویی باترکیب کربن یا بلور ژرمانیوم که ناخالصی آن آرسنیک است و جسم حاصل در درون یک کپسول مسدود شده پر از هلیوم قرار دارد، تشکیل می شوند. این دماسنج را می توان بر روی سطح جسمی که منظور اندازه گیری دمای آن است سوار کرد یا در حفره هایی که برای این منظور ایجاد شده است، قرار داد. دماسنج مقاومتی پلاتین را می توان برای کارهای خیلی دقیق در گستره ۲۵۳- تا ۱۲۰۰ درجه سانتیگراد به کار برد.

دماسنج کریستال کوارتز

یک روش جدید و بسیار دقیق اندازه گیری دما بر مبنای حساسیت فرکانس تشدید کریستال کوارتز به تغییر دما استوار است. وقتی از زاویه برش مناسب برای کریستال استفاده شود، یک تطابق کاملاً خطی میان فرکانس و دما برقرار می گردد. مدلهای تجاری این وسیله از شمارنده های الکترونیکی و دستگاه قرائت رقم نما برای اندازه گیری فرکانس استفاده می کنند. با این وسیله تا حساسیت ۰/۰۰۱ درجه سانتیگراد ادعا شده است. گستره دمایی کارکرد این دستگاه از منفی ۴۰ درجه تا ۲۳۰ درجه سانتیگراد ادعا شده است.

دمانگاری کریستال مایع

کریستالهای مایع خمیری، که از استرهای کلسترول ساخته شده اند پاسخ جالبی به دما از خود نشان می دهند. در یک گستره تکرار پذیر دما، کریستال مایع همه رنگهای طیف رنگی را از خود آشکار می سازد. این پدیده بازگشت پذیر و تکرار پذیر است. با تغییر دادن فرمول مورد نظر می توان از کریستالهای مایع از کمتر از صفر درجه تا چند صد درجه سانتیگراد استفاده نمود.

آذرسنج (Optical Pyrometer)

این نوع دماسنج که به آن دماسنج غیر تماسی هم گفته می شود، بر پایه رنگ نور انتشار یافته از جسم بوده که در نهایت دمای جسم مورد نظر را اندازه گیری می کند. براساس این حقیقت که تمامی اجسام سیاه یک اندازه دمایی را نشان خواهند داد، نتیجه می گیریم که دامنه کاربردی این نوع دماسنج در دماهای بالای سرخ بوده و برای آهن تقریباً بالای ۵۰۰ درجه سانتیگراد می باشد.

طرز کار:

نور ایجاد شده توسط جسم از درون یک سیستم اپتیکال (با بزرگ نمایی معین) که در درون آن یک لامپ گداخته کوچک فرار داده شده، گذرانده می‌شود. (بدین ترتیب اگر کسی از درون چشمی به درون این سیستم نگاه می‌کند، نوری بسیار باریکی را ملاحظه خواهد کرد.) در برخورد این نور با فیلمان لامپ، جریانی را از فیلمان عبور خواهد داد که تعیین کننده میزان دمای جسم است. این جریان توسط پتانسیومتری که بین منبع تغذیه (یک باتری) و لامپ قرار داده شده کنترل می‌گردد. برای نمایش دما از یک آمتر (ammeter) استفاده می‌گردد. دامنه آمتر از ۹۰۰ F برای دمای ۵۰۰ درجه سانتیگراد تا ۳۰۰۰ F برای دمای ۱۶۰۰ درجه سانتیگراد متغیر است.

دماسنج الکترونیک

دید کلی

دماسنج الکترونیک وسیله‌ای است که برای اندازه‌گیری دمای موادی مثل آب و حتی نقطه ذوب بسیاری ترکیبات آبی بکار می‌رود. به کمک این وسیله می‌توان حرارت داخلی یک دستگاه یا سیستم گران قیمت را اندازه گرفت. بدون اینکه سیستم آسیب ببیند. در اندازه‌گیری دمای برخی مایعات باید دقت شود که اثر شیمیایی بر روی سنسور حرارتی نداشته باشد و در خصوص مایعاتی مثل اسیدها و بازهای قوی بهتر است، سنسور را داخل لوله شیشه‌ای با جدار نازک قرار داد و بطور غیر مستقیم دما را خواند.

مدار ترمودینامیک

قطعه مهم در مدار ترموالکتریک مقاومت حرارتی، تریستور است که بطور سری با میتر (M1) به دو سر باتری B1 بسته شده است. با تغییر مقاومت تریستور (RT) متناسب با دما، جریان آن نیز تغییر می‌یابد. این جریان با عبور از میتر باعث به حرکت در آمدن عقربه می‌گردد. بدیهی است که تغییرات عقربه میتر متناسب با تغییرات دما می‌باشد. با تریستوری که در این مدار بکار رفته است با افزایش دما مقاومت RT کاهش یافته و جریان بیشتری از M1 می‌گذرد.

این جریان اضافی باعث حرکت بیشتر عقربه نشان دهنده میتر به سمت راست می‌گردد. پتانسیومتر R1 برای جبران تغییرات ولتاژ حاصل از مصرف جریان بکار می‌رود. پتانسیومتر R2 برای میزان کردن صحیح مقیاس در ردیف بالا (HI) بکار می‌رود. با فشار دادن کلید S3 و قرار دادن کلید S2 در حالت SET و تنظیم R1 می‌توان مدار را برای اندازه‌گیری دما، میزان کرده و آماده نمود. با توجه به اینکه جریان مصرفی مدار بسیار کم (حدود ۶ میلی آمپر و گاهی کمتر) است، می‌توان انتظار داشت که عمر باتریها زیاد باشد.

طرز ساخت

به غیر از تریستور، تمام قطعات مدار را می‌توان در داخل یک جعبه کوچک قرار داده و توسط سیم به هم وصل کرد. با توجه به سادگی بیش از حد مدار، بهتر است به جای صفحه فیبر مدار چاپی مس دار، عناصر یا قطعات را بطور جداگانه توسط سیمهای نازکی به هم متصل کرد. با توجه به اینکه پتانسیومتر فقط در ابتدا یک بار برای کار صحیح مدار تنظیم می‌گردد، بهتر است آنرا در داخل جعبه قرار دهیم. در کل بهتر است بجای R1 و S1 از یک پتانسیومتر کلید دار استفاده کرد.

این پتانسیومتر کلیدهای S2 و S3 و M1 بر روی یکی از دیواره‌های جعبه در خارج نصب می‌گردند. به هنگام ساختن پروب (سیم‌ی که به انتهای آن تریستور متصل می‌شود) دقت کافی کنید، زیرا حرارت زیاد حاصل از لحیم کاری یا [فشار مکانیکی](#)، می‌تواند باعث آسیب دائمی آن گردد. بهتر است طول سیم پروب بیشتر از ۲ متر نباشد. محل اتصال سیم پروب به پایه‌های تریستور باید به نحوی از محیط خارج جدا شود. برای این منظور می‌توانید از [عایق‌های مختلف](#) یا چسب‌های پلاستیکی استفاده کنید. پس از ساختن پروب دو انتهای سیم، آنرا به محل‌های مناسب در مدار لحیم کنید.

تنظیم و استفاده از مدار

وقتی که یک [اهم متر](#) را به دو انتهای پروب وصل می‌کنیم، باید مقداری حدود ۵۰۰۰ اهم را بخوانیم. با لمس تریستور موجود در سر پروب، باید بتدریج مقدار این [مقاومت](#) کاهش یابد. در غیر اینصورت اگر اهم متر به سرعت تغییر وضعیت دهد و مقدار بسیار زیادی از تغییر مقاومت را نشان دهد، حتماً تریستور آسیب دیده است. همچنین اگر تریستور در تمام مواقع، مقدار مقاومت بسیار اندک را نشان دهد، باید آنرا عوض کرد. حال [باتری B1](#) را در محل خود نصب کنید.

کلید S2 را در وضعیت L0 قرار دهیم و R1 را بچرخانید تا کلید S1 بسته شود. کلید S2 را در وضعیت HI قرار داده و R2 را طوری بچرخانید که عقربه میتر تا آخر حرکت کند. کلید S2 را در حال SET قرار داده و کلید S3 را به پایین فشار دهید و آن را در همان وضعیت نگه دارید. حال پتانسیومتر R1 را طوری بچرخانید که عقربه میتر تا آخر حرکت کند. حال مقاومت ۲۰۰ اهمی را از دو سر کابل باز کنید. در این وضعیت پتانسیومتر R2 را بطور صحیح تنظیم می‌شود.

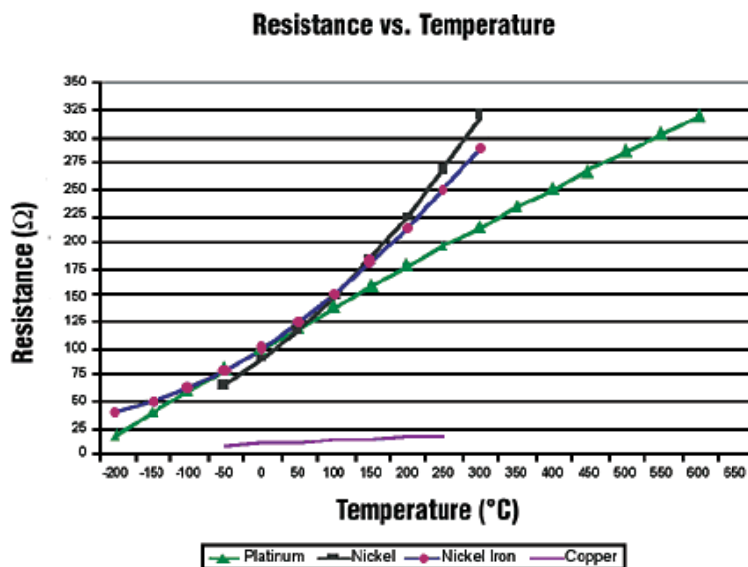
از اینجا به بعد قبل از هر استفاده‌ای کلید S2 را در وضعیت SET قرار داده و کلید S3 را فشار دهید و R1 را طوری بچرخانید که عقربه میتر بیشترین مقدار را نشان دهد. برای استفاده از مدار، R1 را میزان کنید. سپس با انتخاب رنج اندازه‌گیری زیاد یا کم، سر پروب را با جسمی که می‌خواهید دمای آن را اندازه بگیرید تماس دهید. چند ثانیه صبر کنید تا دستگاه بالاترین مقدار را نشان دهد. حال از روی میتر دما را بخوانید. دماهای بالاتر از ۱۵۰ درجه سانتیگراد با این دماسنج اندازه گرفته نمی‌شود، زیرا تریستور آسیب می‌بیند.

آشکارسازهای مقاومتی دما (RTD)

در آشکارسازهای مقاومتی دما معمولاً پلاتین، نیکل، آلیاژ نیکل - آهن و مس که هر کدام برای کاربردی استفاده می‌شوند، به کار می‌رود، که تغییر مقاومت آنها با دما از صحت ذاتی خوبی برخوردار است. آنها با آرایش‌ها و اندازه‌های متعدد در دسترس می‌باشند و به صورت واحدهای باز یا پوشش‌دار برای کاربردهای سطحی یا شناوری، هر دو، وجود دارند. رابطه بین دما و مقاومت رساناها را می‌توان از معادله زیر محاسبه کرد:

$$R = R_0 (1 + \alpha \Delta T)$$

که در آن R مقاومت رسانا در دمای t، R₀ مقاومت در دمای مرجع (معمولاً ۲۰°C)، α ضریب دمایی مقاومت و ΔT اختلاف بین دمای کار با دمای مرجع است.

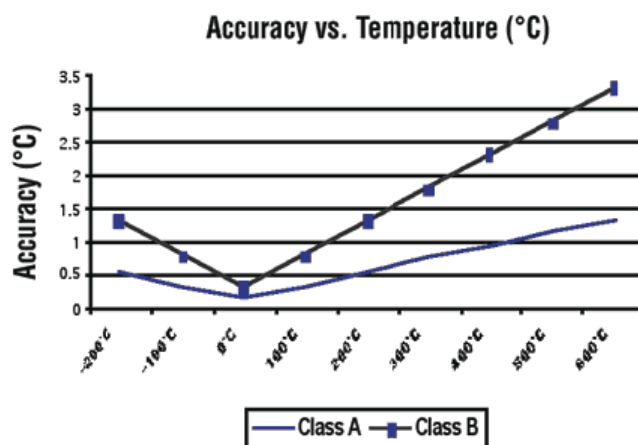


از مس در ژنراتورها و ترانسفورمرها استفاده می‌کنند. همانطور که در نمودار آمده است نیکل و آلیاژ نیکل آهن، نسبت به پلاتین در بازه دمایی کمتری خطی‌اند و پلاتین در بازه بیشتری خطی است که بازه دمایی نیکل ۴۰ - تا ۳۰۰ درجه سانتیگراد است و آلیاژ نیکل - آهن در مصارف محدود و خاصی استفاده می‌شوند.

به جهت خصوصیتی چون خطی بودن (خطی تر نسبت به دیگر فلزات) پایدار بودن، دقت و... در صنعت از پلاتین استفاده می‌شود. پلاتین بر اساس استاندارد «دین» (Normung DIN Deutsches Institut fur) به دو درجه A و B تقسیم شده است.

$$\text{Grade A: } \Delta t = \pm (0.15 + 0.002 \cdot |t|) \quad -200 \text{ to } 650(^{\circ}\text{C})$$

$$\text{Grade B: } \Delta t = \pm (0.30 + 0.005 \cdot |t|) \quad -200 \text{ to } 850(^{\circ}\text{C})$$



از پلاتین درجه A بیشتر در کارهای آزمایشگاهی استفاده می‌شود و در صنعت عموماً از پلاتین درجه B استفاده می‌کنند.

معمولاً در جاهایی که تکرار پذیری و خطی بودن اهمیت دارد، از RTD ها استفاده می‌شود. البته RTD در مقابل تکنهای شدید و شوکهای مکانیکی به خوبی ترموکوپل مقاوم نیست و همچنین ماکزیمم دمای آن ۱۲۰۰ درجه فارنهایت است ولی ترموکوپل می‌تواند تا ۳۱۰۰ درجه فارنهایت را اندازه‌گیری کند.

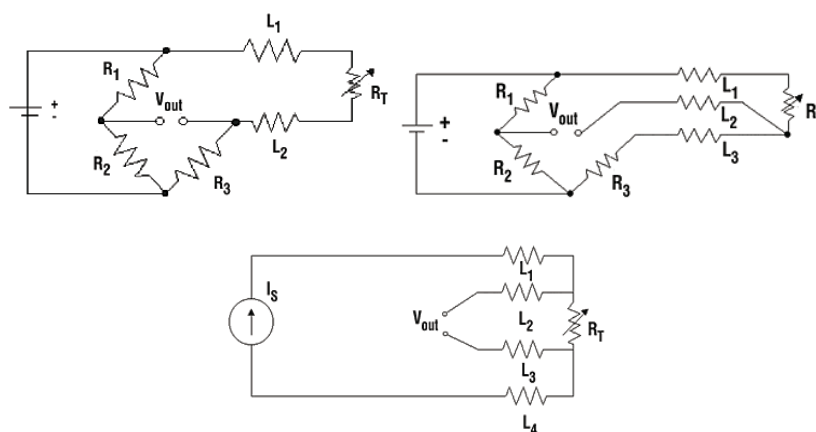
RTD بر اساس اینکه از چه فلزی ساخته شده و در دمای صفر درجه چه مقاومتی دارد تقسیم بندی می‌شود مانند PT100, PT500, PT100 و یا NI100 و

بر اساس کاری که از آن استفاده می‌شود ممکن است دو، سه و یا چهار سیمه استفاده شود. و یا از یک و یا دو RTD استفاده شود.

از RTD در مصارف صنعتی زیادی که به تکرار پذیر بودن و خطی بودن توجه می‌شود استفاده می‌شود. مانند اندازه‌گیری دمای مایع پتروشیمی، دمای یاتاقانهای پمپ و ... که دمای خیلی بالایی ندارد استفاده می‌شود چون در جایی مثل دمای کوره از ترموکوپل استفاده می‌شود.

مدارهای بهسازی RTD ها

برای بهسازی و تبدیل مقاومت به ولتاژ بیشتر از مدار پل استفاده می‌شود. RTD به صورت دو، سه و چهار سیمه به مدار پل وصل می‌شود. در صنعت عموماً از دو و سه سیمه استفاده می‌شود که خطای سه سیمه کمتر از دو سیمه می‌باشد. از چهار سیمه بیشتر در مصارف آزمایشگاهی استفاده می‌شود.



ترموکوپل (جفت گرمایی)

در سال ۱۸۲۱ توماس سی‌یک موفق به کشف ولتاژ ترموالکتریک (یا ولتاژ سی‌یک) گردید، که امروزه به عنوان یکی از ابزار مهم در اندازه‌گیری حرارت بحساب می‌آید. یکی از رایج‌ترین روش‌های اندازه‌گیری دما در علم و صنعت، مبتنی بر اثر ترموکوپل است.

ترموکوپل وسیله دیگری است که برای اندازه‌گیری دما مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این نوع دماسنج از خاصیت انبساط و انقباض اجسام جامد استفاده می‌گردد.

وقتی که یک زوج سیم که از فلزات متفاوتی (مثلاً دو فلز مختلف A و B) ساخته شده‌اند، از یک سر به یکدیگر پیوند شوند، اختلاف دما بین این سر سیم‌های پیوند شده و سر سیم‌های دیگر ولتاژی بین سیم‌ها ایجاد می‌کند. دامنهٔ این ولتاژ به مواد مورد استفاده در سیم‌ها و میزان اختلاف دمای بین سر سیم‌های پیوند شده و سر سیم‌های دیگر دارد.

گستره یک ترموکوپل پلاتینیوم - ایرودیوم که ۱۰ درصد پلاتینیوم دارد از صفر تا ۱۶۰۰°C است. مزیت ترموکوپل در این است که بخاطر جرم کوچک، خیلی سریع با سیستمی که اندازه‌گیری دمای آن مورد نظر است، به حال تعادل گرمایی در می‌آید. لذا تغییرات دما به آسانی بر آن اثر می‌کند، ولی دقت دماسنج مقاومتی پلاتین را ندارد.

ترموکوپل یک مدار بسته متشکل از دو محل اتصال با دماهای T_1 و T_2 می‌باشد. اگر یک ولتمتر با امپدانس ورودی خیلی بالا را در مدار قرار دهیم، بطوریکه بتوان از جریان حلقه صرفنظر نمود، در این صورت ولتاژ اندازه‌گیری شده عبارت خواهد بود از تفاوت پتانسیل تماس در نقاط اتصال:

$$E_{T_1 T_2}^{AB} = E_{T_1}^{AB} - E_{T_2}^{AB} = \alpha_1(T_1 - T_2) + \alpha_2(T_1^2 - T_2^2) + \dots$$

α_1 و α_2 ثابتهای مربوط به جنس ترموکوپل می‌باشند.

بنابراین emf (ولتاژ ترموکوپل) اندازه‌گیری شده به دماهای T_1 و T_2 در هر دو محل اتصال بستگی دارد.

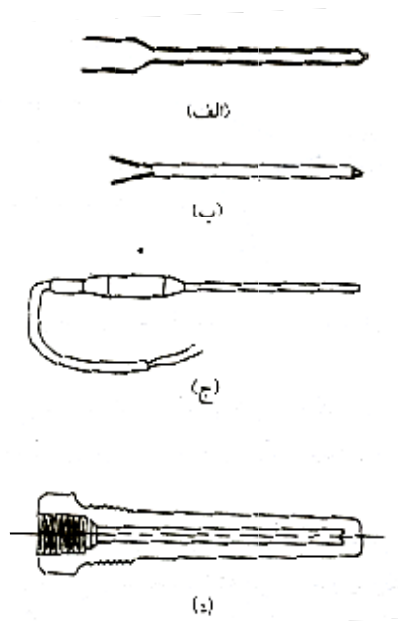
پیوند دوسیم ترموکوپل، پیوند حسگر (اتصال گرم یا همان دمای مورد اندازه‌گیری T_1) نامیده می‌شود. در کاربردهای معمولی، این پیوند، در داخل یا بر روی مادهٔ مورد آزمون قرار گرفته و سرهای دیگر سیم‌ها به دستگاه اندازه‌گیری ولتاژ متصل می‌شوند.

از آنجا که اختلاف دمای بین پیوند حسگر و سر سیم‌های دیگر، عامل بسیار مهم و بحرانی است، سر سیم‌های دیگر یا در یک دمای مرجع ثابت نگاه داشته می‌شوند و یا وقتی که قیمت دستگاه بسیار پایین باشد، تنها در دمای اتاق نگاه داشته می‌شوند. وقتی که سر سیم‌های دیگر در دمای اتاق نگاه داشته می‌شوند، دما همواره مورد نظارت و کنترل قرار می‌گیرد و قرائت‌های ولتاژ خارجی ترموکوپل به ازای هر تغییر در دمای اتاق، تصحیح می‌شود. از آنجا که دما در این سر سیم‌های ترموکوپل، یک دمای مرجع است، پیوند اینجا با پایانه‌های دستگاه، یا با دیگر سیم‌های متصل کننده، پیوند مرجع (دمای T_2) نامیده می‌شود. همچنین، اغلب از آن به عنوان پیوند سرد یاد می‌شود. چون ترموکوپل معمولاً برای اندازه‌گیری دماهای بالا مورد استفاده قرار می‌گیرد، پیوند مرجع در چنین مواردی واقعاً سردترین پیوند است.

از آنجا که هر پیوندی از فلزات ناهمگون، ولتاژ ترموکوپلی ایجاد خواهد کرد، سیم‌ها و هر پایانهٔ فلزی بین پیوند حس کننده و پیوند مرجع از مواد خاصی که تولیدکنندگان ترموکوپل تهیه می‌کنند، ساخته شده و سیم‌های بین پیوند مرجع با سنج از جنس مس است.

ترموکوپل‌ها از چند نوع فلز مختلف یا آلیاژهای فلزی ساخته می‌شوند که گسترهٔ دمایی وسیعی را از مقادیر کوچک 270°C (500°F) تا مقادیر بزرگتر 2700°C (حدود 5000°F) پوشش می‌دهند. آنها را می‌توان به شکل سیم عایق نشدهٔ ساده، سیم عایق شده، یا در داخل غلاف‌ها یا پروب (گمانه)های محافظ عرضه کرد. ضخامت غلاف‌ها معمولاً در حدود 25mm است. برای کاربردهایی که

در آنها کوچکی اندازه مهم نیست و حفاظت فیزیکی بیشتر مورد نیاز است، برخی تولید کنندگان، چاه‌های ترموکوپل می‌سازند. این چاه‌ها یا حفره‌ها از جنس فلز ریختگی با غلاف‌های قلاویز شده هستند و طوری نصب می‌شوند که در داخل ظرف (لوله، مخزن و غیره) حاوی ماده‌ای که دمای آن باید اندازه‌گیری شود قرار می‌گیرند. شکل زیر چند مجموعه ترموکوپل نوعی را نشان می‌دهد.



شکل ۱- ترموکوپل و مجموعه‌های ترموکوپل‌ها. (الف) ترموکوپل علیق نشده. (ب) ترموکوپل عایق شده. (ج) مجموعه پروب (گمانه). (د) چاه ترموکوپل.

استاندارد ترموکوپل‌ها:

S , U , V , B or E , K , T , J , R

نوع ترموکوپل	جنس سیم مثبت	جنس سیم منفی	حساسیت (بر حسب میکروولت)	رنج کارکرد
E	کرومل	کنستانتان	68	+800
K	مس	کنستانتان	46	+300
T	کرومل	آلومل	42	+1100
J	آهن	کنستانتان	46	+700
S or R	پلاتینیوم	پلاتینیوم+روبیديوم	8	+1600
U or V	مس	مس ، نیکل	-	-

ترموکوپل نوع K بخاطر استفاده از مس خاصیت ضد اکسیداسیون دارد لذا در کوره‌ها که اکسیداسیون رخ می‌دهد مناسب‌تر می‌باشد.

چرا ترموکوپل نوع T در صنعت بیشتر استفاده می‌شود؟

* نسبت به تمام انواع ترموکوپل خطی‌تر است.

* رنج درجه حرارت مناسبی دارد.

* از حساسیت خوبی برخوردار است.

در ترموکوپل نوع J به علت وجود آهن در مکانهایی که امکان اکسیداسیون وجود دارد استفاده نمی‌شود.

ترموکوپلها از نظرنوع اتصال به سه دسته تقسیم می‌شود:

الف- اتصال نهان: اتصال داخل یک غلاف ایزوله شده.

ب- اتصال زمین شده: اتصال به غلاف وصل شده.

ج- اتصال بیرون از غلاف: که تفاوت آنها در سرعت پاسخ دهی می‌باشد و اتصال بیرون از غلاف سرعت پاسخ دهی بیشتری دارد.

قوانین پنجگانه ترموکوپل‌ها

قانون اول: ولتاژ ترموالکتریک مستقل از دمای سیم‌های رابط بوده و فقط به دمای محل اتصالات (دماهای T_1 و T_2) بستگی دارد.

این قانون از این نظر مهم است که در نصب ترموکوپل در محیط‌های صنعتی، سیم‌های رابط و نیز اتصال مرجع ممکن است متأثر از تغییرات شدید دمای محیط خود باشند.

قانون دوم: در صورتیکه یک فلز سوم C به مدار A یا B اضافه شود، بشرطی که اتصالات جدید دارای دمای یکسانی باشند، emf یا ولتاژ ترموالکتریک تغییری نخواهد کرد. این قانون بدین معنی است که مثلاً یک ولتمتر بدون آنکه در ولتاژ مدار تأثیر بگذارد می‌تواند وارد مدار شود.

قانون سوم: اگر فلز سوم C بین A و B در هر دو اتصال قرار گیرد، در صورتیکه دو محل اتصالات AC و CB دارای دمای یکسانی باشند، باز هم emf تغییری نمی‌کند. کاربرد علمی این قانون این است که سیم‌های A و B می‌توانند توسط یک فلز سوم در محل‌های اتصالات به هم جوش داده شوند. به علاوه می‌توان ولتمتر را در محل اتصال مرجع در مدار قرار داد.

قانون چهارم: این قانون به نام قانون فلزات میانی معروف می‌باشد. بر طبق این قانون می‌توان emf دو فلز مثلاً مس – آهن (AB) را از emf های مس – کنستانتان (CB) استنتاج نمود.

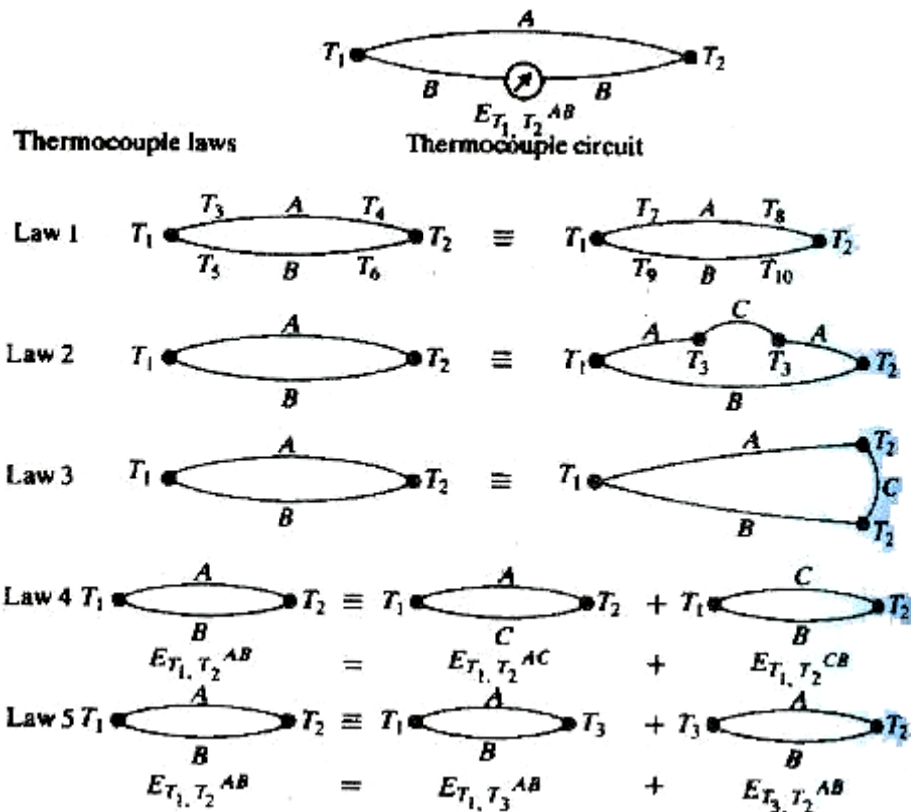
$$E_{T_1 T_2}^{AB} = E_{T_1 T_2}^{AC} + E_{T_1 T_2}^{CB}$$

این قانون برای پیدا کردن جنس ترموکوپل مجهول بکار می‌رود.

قانون پنجم: این قانون به نام قانون دمای میانی معروف است. مطابق قانون زیر:

$$E_{T_1 T_2} = E_{T_1 T_3} + E_{T_3 T_2}$$

شکل ۲ پنج قانون مربوط به رفتار ترموکوپل را که در اندازه‌گیری درجه حرارت بسیار مهم می‌باشند را خلاصه کرده است.



شکل ۲- اصول حاکم بر ترموکوپل

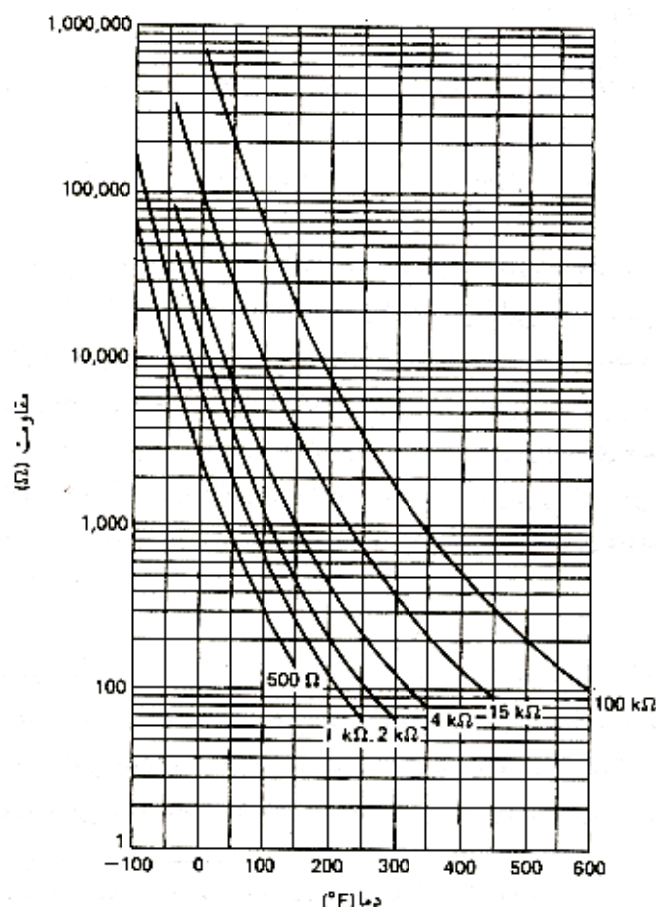
گستره‌های دمایی ترموکوپل‌ها، امکان استفاده از آنها در کوره‌های صنعتی و نیز اندازه‌گیری دماهای گستره‌ی سرمایی را فراهم می‌سازند. (Cryogenic). مقصود، استفاده در دماهای خیلی پایین مانند 77°K و 4°K (دمای هیدروژن مایع و هلیوم مایع) می‌باشد. دماهای گستره‌ی سرمایی، بسیار پایین در حد چند درجه بالای صفر مطلق و بسیار پایین‌تر از آنچه که غالباً در صنعت، در تحقیقات علمی و در اندازه‌گیری‌های پزشکی وجود دارد، می‌باشند. در کارهای مهندسی، ترموکوپل‌ها برای نظارت بر دمای کار تجهیزات مکانیکی و الکتریکی به کار گرفته می‌شوند. در فرایندهای صنعتی، آنها دمای مایعات و گازهای ذخیره شده و یا جاری در لوله‌ها و کانالها را کنترل می‌کنند. امور پزشکی، پروب (گمانه)های بسیار کوچک موجود، استفاده از ترموکوپل‌ها را در اندازه‌گیری دماهای داخلی بدن امکان پذیر ساخته‌اند.

مقاومت الکتریکی اغلب مواد با دما تغییر می‌کند. با انتخاب موادی که نسبت به دما بسیار حساس باشند، می‌توانیم وسایلی بسازیم که هم در مدارهای کنترل دما، و هم در اندازه‌گیری دما مفید واقع شوند. **ترمیستور**، نوعی نیمه رسانا است که از کلوخه سازی (تف جوشی) چند اکسید فلزی مانند منگنز، نیکل، کبالت، مس، اورانیوم و یا آهن همراه با سیلیکون ساخته شده است. رنج دمای آن ۵۰- تا ۱۵۰ و نهایت ۳۰۰ درجه سانتیگراد می‌باشد.

ترمیستور نوع **NTC** حساسیت بیشتری در مقایسه با **RTD** دارد که باعث گشته سیگنال پاسخ بهتری نسبت به ترموکوپل و **RTD** داشته باشد. از جهت دیگر حساسیت پایین **RTD** و ترموکوپل آنها را انتخاب خوبی برای دماهای بیش از ۲۶۰ درجه سانتیگراد کرده است و این محدودیتی برای ترمیستور است.

در سال ۱۸۳۳ میشل فاراده فیزیکدان و شیمی دان انگلیسی گزارشی در مورد رفتار نیمه هادی سولفید نقره داد، که این جرقه اولیه پیدایش ترمیستور بود. به خاطر محدودیتی که ترمیستور در سختی تولید و کاربرد در صنعت داشت تولید تجاری و استفاده از آن تا صد سال بعد انجام نشد و از سال ۱۹۸۰ استفاده از ترمیستور به صورت گسترده شروع شد.

ترمیستورها ضریب دمایی منفی (**NTC**) دارند. یعنی مقاومت آنها بر عکس مقاومت‌های فلزی با افزایش دما کاهش می‌یابد. علت این امر افزایش تولید الکترون - حفره در نیمه هادی می‌باشد. در مورد واحدهای تجاری نوعی، مقاومت در 25°C ، بین $100\ \Omega$ تا $10\ \text{M}\Omega$ است. نموداری که مقاومت در مقابل دما برای خانواده‌ای از ترمیستورها را نشان می‌دهد در شکل ۳ آمده است. مقدار مقاومتی که در انتهای پایین هر یک از منحنی‌ها داده شده است، مقاومت در 25°C است.



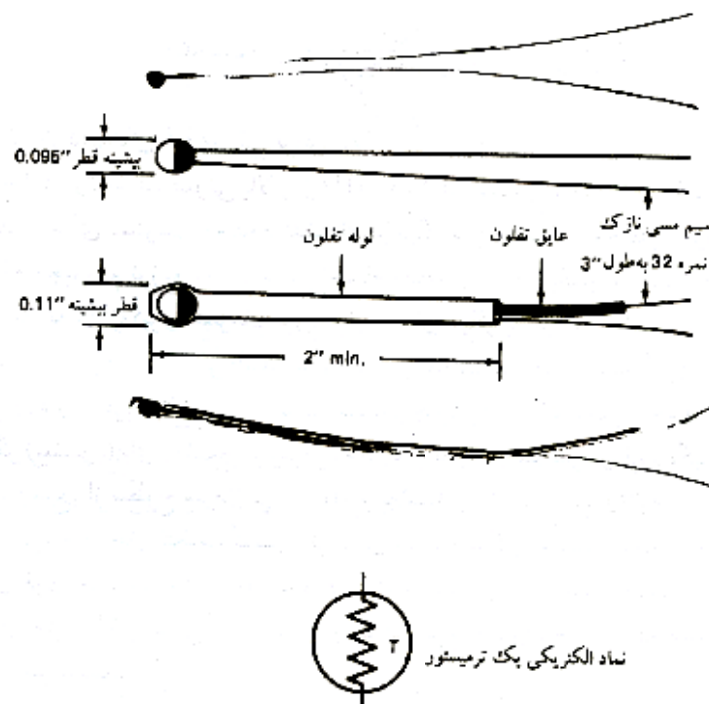
شکل ۳- منحنی‌های نوع مقاومت در مقابل دما برای ترمیستورها.

کوچکترین ترمیستورها به شکل مهره (یا دانه تسبیح) ساخته می‌شوند. برخی از آنها دارای قطر کوچکی به اندازه 0.15 mm (حدود 0.006 in) می‌باشند. اینها ممکن است شیشه‌اندود و یا دارای پروب (گمانه)های شیشه‌ای جامد در دو سر خود باشند. این پروب‌ها در اندازه‌گیری دمای مایعات مورد استفاده قرار می‌گیرند. اگر امکان اتلاف توان بیشتری مورد نظر باشد، ترمیستورهایی به شکل دیسک، واشر یا میله مورد استفاده قرار می‌گیرند.

از ترمیستورهای نوع NTC برای مصارف مختلفی استفاده می‌شود مانند اندازه‌گیری دمای محیط، مقطع مرجع در ترموکوپل، صنایع غذایی، صنعت اتومبیل سازی، در مصارف پزشکی، بازار تجهیزات مخابراتی و .. در حال استفاده و رشد می‌باشد.

در کاربردهایی که نیاز به انجام کار در توان‌های بالاتر داشته باشیم، ترمیستورها را می‌توان به صورت سری - موازی به یکدیگر متصل کرد. در اندازه‌گیری‌هایی که سیم‌ها یا کابل‌های با رسانایی کم را به کار می‌گیرند، واحدهای با مقاومت بالا، مورد استفاده واقع می‌شوند. ترمیستورها از نظر شیمیایی پایدارند و در محیط‌های هسته‌ای قابل استفاده می‌باشند. مشخصات متنوع ترمیستورها، استفاده از آنها را در مدارهای محدود کننده و تنظیم کننده، مدارهای با تأخیر زمانی، برای انتگرال‌گیری پالس‌های قدرت و به عنوان واحدهای حافظه امکان پذیر ساخته است.

آرایش‌های نوعی ترمیستورها در شکل ۴ نشان داده شده و نماد الکتریکی این وسیله نیز در همان شکل ارائه شده است.



شکل ۴- ساختار ترمیستور و نماد الکتریکی آن.

وجود ترمیستور در یک بازوی مدار پل ویتسون، اطلاعات دقیقی در باره دما فراهم می‌آورد. در اغلب کاربردها، میزان صحت را تنها دستگاه قرائت، محدود می‌کند.

گرچه امروزه واحدهای ترمیستور با میزان خطی بودن بیش از ۰.۰۲٪ در گستره دمایی °C ۰ تا °C ۱۰۰ فراهم می‌باشند، اما ترمیستورها اغلب در یک گستره دمایی وسیع، غیرخطی هستند. حساسیت نوعی یک ترمیستور، تقریباً °C ۳ mV/ در °C ۲۰۰ است.

همانگونه که در منحنی شکل ۳ مشاهده شد، این کاهش مقاومت بسیار غیر خطی است. رابطه بین مقاومت و حرارت برای ترمیستور توسط تابع نمایی قابل بیان است.

$$R_T = ke^{\frac{\beta}{T}}$$

در معادله فوق R_T مقاومت ترمیستور در دمای °K T (درجه کلونین)، k و β ثابتهای ترمیستور می‌باشند. معادله فوق را می‌توان به صورت زیر نیز نوشت:

$$R_T = R_{T_1} e^{\left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_1}\right)}$$

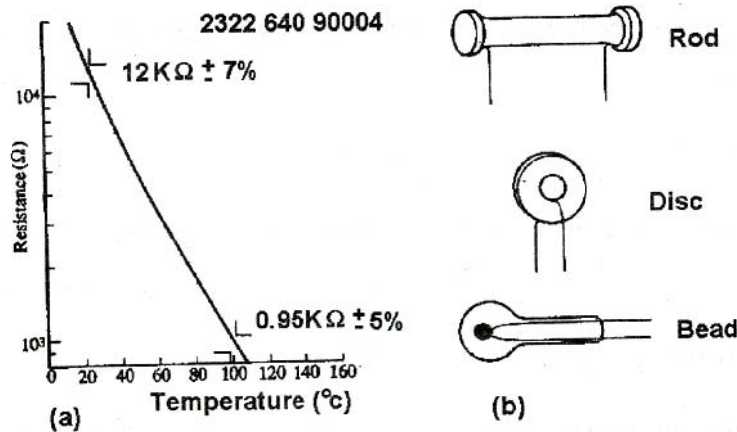
بطوریکه R_{T_1} مقاومت ترمیستور در یک دمای مرجع می‌باشد.

حساسیت بسیار زیاد ترمیستور اندازه‌گیری تغییرات بسیار کوچک دما را که توسط حس کننده‌های دیگر مقدور نیست، امکان پذیر می‌سازد. گرچه معادله ترمیستور را بصورت تابع نمایی و با دو ثابت k و β مشخص نمودیم، ولی در عمل مقدار واقعی مقاومت با مقدار محاسبه شده قدری متفاوت می‌باشد و این میزان تفرانس در دماهای مختلف نیز متفاوت می‌باشد. به عنوان مثال تفرانس یک ترمیستور بصورت زیر می‌باشد:

در دمای °C ۲۵ $\pm 850 \Omega$ معادل $\pm 0.7\%$

در دمای °C ۱۰۰ $\pm 47/5 \Omega$ معادل $\pm 0.5\%$

همانگونه که ملاحظه می‌شود ترمیستورها دارای تفرانس بمراتب بیشتری نسبت به مقاومت‌های فلزی می‌باشند. نکته مهم دیگر در مورد این مقاومتها، ثابت زمانی نسبتاً زیاد آنها می‌باشد، بطور مثال ۱۹ ثانیه هوا، ۳ ثانیه در روغن و غیره. بدیهی است که با کوچک کردن حجم ترمیستور می‌توان زمان را پایین آورد. اثر self heating بدین صورت است که مثلاً برای هر ۷ mW مصرف ۱ °C افزایش دما در حس کننده خواهیم داشت. شکل ۵ مشخصه یک ترمیستور را بطور نمونه نشان می‌دهد.



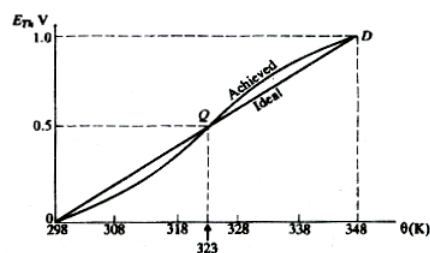
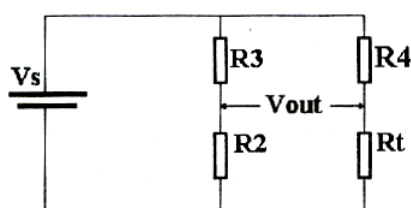
شکل ۵- تغییرات مقاومت ترمیستور (a) و شکل ظاهری چند نمونه آن (b)

شکل ۶ مدار الکتریکی و منحنی ولتاژ بر حسب دما را نشان می‌دهد. با توجه به ضرایب ترمیستور، مقاومت شاخه‌های پل طوری انتخاب شده‌اند که رابطه ولتاژ - دما تا حد ممکن خطی شود. روش کار بدین صورت است که از آنجائیکه رابطه دما-مقاومت خود غیر خطی می‌باشد، لذا با طراحی پل به صورت غیر خطی می‌توان کاری کرد که معادله ولتاژ - دما حداقل در سه نقطه از روی یک خط راست عبور نماید. معادلات لازم جهت تعیین مقادیر مقاومت شاخه‌های پل بصورت زیر می‌باشد.

$$0 = V_s \left\{ \frac{1}{1 + R_F/R_{T_{FA}}} - \frac{1}{1 + R_F/R_T} \right\} \quad \text{برای نقطه } O$$

$$0.5 = V_s \left\{ \frac{1}{1 + R_F/R_{T_{FR}}} - \frac{1}{1 + R_F/R_T} \right\} \quad \text{برای نقطه } Q$$

$$1 = V_s \left\{ \frac{1}{1 + R_F/R_{T_{FA}}} - \frac{1}{1 + R_F/R_T} \right\} \quad \text{برای نقطه } P$$



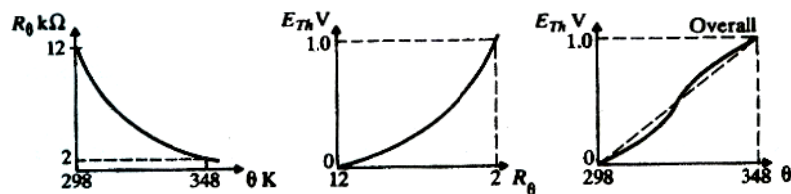
شکل ۶- مدار الکتریکی و منحنی ولتاژ بر حسب دما برای ترمیستور R_t

$$0.25 < \frac{R_3}{R_2} < 0.3$$

بدست می‌آید. شکل ۷ مراحل خطی کردن ترمیستور در مثال فوق را نشان

لازم به ذکر است که معمولاً در عمل

می‌دهد.

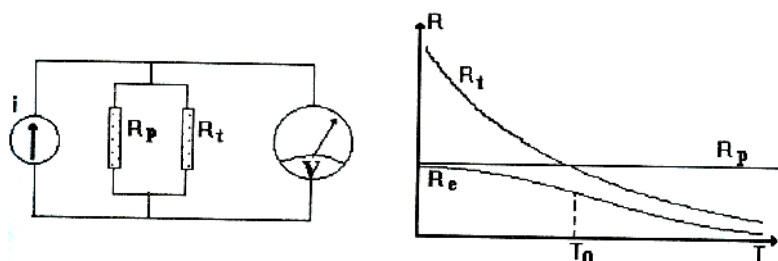


شکل ۷- مراحل خطی کردن ترمیستور با استفاده از پل غیر خطی شکل قبل

یک راه دیگر جهت خطی کردن ترمیستور استفاده از منبع جریان و یک مقاومت ثابت R_p و اندازه‌گیری ولتاژ، مطابق شکل ۸ می‌باشد. در این مدار ولتاژ V_O برابر است با:

$$V_O = iR_e \approx kT + b$$

(حول نقطه عطف T_0)

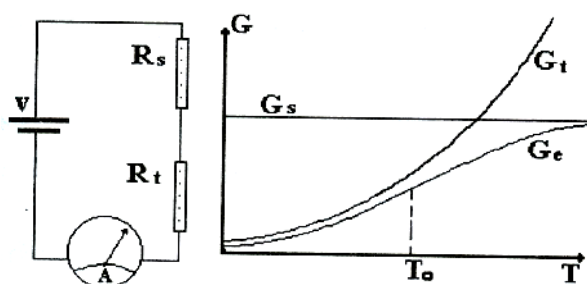


شکل ۸- خطی کردن ترمیستور توسط یک مقاومت موازی با آن.

همانگونه که از منحنی R_e بر حسب T مشاهده می‌شود، منحنی در محدوده نقطه عطف دارای بالاترین میزان خطی بودن می‌باشد. و لذا ولتاژ خروجی دارای تغییرات نسبتاً خطی حول این نقطه خواهد بود. با انتخاب صحیح مقدار R_p می‌توان کاری کرد که نقطه عطف منحنی در هر دمای دلخواه قرار گیرد.

می‌توان دوگان مدار فوق را به کمک یک منبع ولتاژ و یک مقاومت سری R_s مطابق شکل ۹ بدست آورد. در این حالت جریان مدار برابر

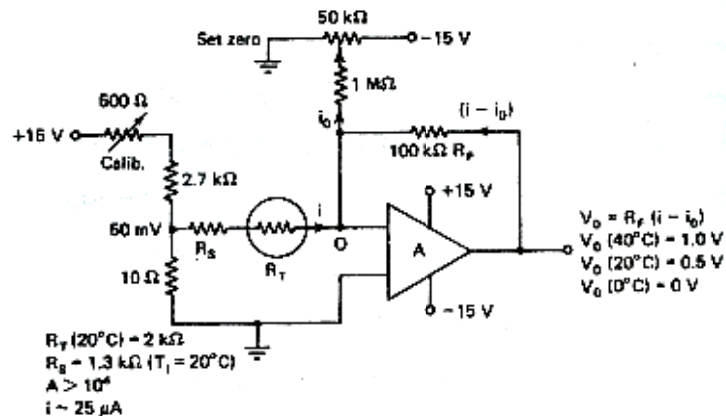
$$i = G_e V = kT + b \quad \text{است با:}$$



شکل ۹- خطی کردن ترمیستور توسط سری کردن یک مقاومت با آن.

از طرفی کندوکتانس G_e مطابق منحنی بدست آمده دارای نقطه عطف T_0 می باشد که حول آن نسبت به T خطی تر از بقیه نقاط می باشد. در این حالت نیز با انتخاب مناسب R_s می توان نقطه عطف را در هر دمای دلخواه قرار داد.

بطوریکه G_{T0} کندوکتانس ترمیستور در دمای T_0 (دمای نقطه عطف) می باشد. مدار شکل ۱۰ یک نمونه از بکارگیری روش فوق به کمک نقویت کننده عملیاتی را نشان می دهد. در این مدار حداکثر انحراف از خط راست برای محدوده صفر الی 40°C تقریباً 0.15°C می باشد.



شکل ۱۰- یک مدار عملی برای خطی کردن ترمیستور توسط مقاومت سری

در صورتیکه جریان ترمیستور از طریق یک منبع ولتاژ تأمین گردد و این جریان از حد مجاز بیشتر باشد، گرمای ناشی از عبور جریان باعث کم شدن مقاومت ترمیستور شده و کاهش مقاومت نیز به نوبه خود باعث افزایش مجدد جریان شده و این سیکل تا کشیدن جریان حداکثر از منبع و داغ شدن بیش از حد ترمیستور ادامه خواهد نمود (فیدبک مثبت). یک راه جهت جلوگیری از این پدیده تأمین جریان ترمیستور از طریق منبع جریان می باشد. در مدار شکل ۸۳-۶، استفاده از منبع 50 mV باعث گشته تا جریان بسیار کمی ($\approx 25\text{ }\mu\text{A}$) از ترمیستور عبور نموده و اثر فوق به حداقل برسد.

سنسورهای فیبر نوری

برخی از طراحان سیستمهای کنترل، طراحی خود را بر پایه کوچک کردن هر چه بیشتر سنسورها قرار داده اند بطوریکه این سنسورها بتوانند در فیبر نوری جمع شوند. این سیستمها بر مبنای میزان طول موج ارسالی یا منعکس شده به وسیله سنسورها (نه طول موج ارسال شده از منبع) دمای هر بخش را اندازه گیری می کنند. سال گذشته کمپانی اولوما (Oluma) به سیستم سنسورهای انتشار دهنده درجه حرارت (DTS) دست یافت که از یک رشته فیبرنوری ساده برای اندازه گیری دما با خطایی در حدود $9/0$ درجه فارنهایت و فاصله 100 الی 2 هزار متر بهره می برد. از جمله کاربردهای این سیستم تشخیص نشتی در سیستم لوله کشی و مونیتورینگ بسیار مناسب سیستم مربوط به روغن است. این سیستم در بستر فرآیند قرار داشته و هر بخش فیبرنوری همانند یک سنسور نسبت به نقاط انعکاسی عمل می کند. با توجه به آنچه «الوما» ارایه کرده، این ابزار جدید به اندازه کافی برای استفاده در سیستمهای انتشار درجه حرارت، منطقی و مقرون به صرفه است.

کمپانی «دیویدسون» برای اندازه‌گیری دما در سیستم‌های فیبرنوری خود از تکنولوژی متفاوتی که بنام سنسورهای Faber-Perot شناخته می‌شود، بهره می‌برد. این سنسورها از دو آینه داخلی برای ایجاد یک حفره رزونانسی استفاده می‌کنند.

حال اگر فضای موجود بین دو آینه با توجه به تغییرات حرارتی و یا نیروهای اعمال شده تغییر کند، فرکانس رزونانس سیستم تغییر می‌کند. این کمپانی از تکنولوژی موسوم به مایکرو الکترومکانیک (MEMS) برای ساخت سنسورهای کوچک سیلیکونی بهره می‌برد. می‌توان گفت ساده‌ترین ویژگی این سنسورها اندازه‌گیری دمای ۳۲ نقطه از سیستم در ارتفاع ۴۷ فوت تا دمای ۵۰۰ درجه فارنهایت است.

سنسورهای نوع سوم، سنسورهای Brag Grating است که بر پایه جدیدترین نمونه‌های سیستم Spectro Bay توسط شرکت خدماتی «بایر تکنولوژی» عرضه شده است. این سنسور می‌تواند دمای مربوط به ۳۰ نقطه مختلف را که حداکثر در فاصله یک هزار متر از آن باشند برپایه بروشورهای منتشر شده توسط شرکت سازنده با خطایی در حد ۲/۱ درجه فارنهایت اندازه‌گیری کند.

فیبر Brag نوعی تجهیزات نوری است که با یکبار استفاده از لیزر قدرتمند ماورای بنفش ایجاد می‌شود. فضای عبور نور انعکاس یافته، تنها ۵ میلی متر طول دارد که این موضوع باعث می‌شود تا برخی از نورهای انعکاس یافته بازگردانده شود.

این فیبر می‌تواند با توجه به هر نقطه دلخواه در فیبرنوری کنترل شونده تعریف شود. این مجموعه- یعنی فیبر و سنسورهای آن- توسط کمپانی آلمانی AOS تولید شده است.

در یک سمت فیبرنوری، منبع نوری مادون قرمز وجود دارد که تبدیل‌های سریع آن توسط سازنده نوری تعریف شده است و در سمت دیگر فیبرنوری یک ذره نوری قرار دارد که آن ذره چرخنده (Circulator) گفته می‌شود و وظیفه این ذره انتقال و هدایت نور از منبع به فیبر و سپس انتقال موج انعکاس یافته (بازگشتی) به اسپکترومتر است.

سنسورهای مختلف می‌توانند توسط اسپکترومتر تشخیص داده شوند چرا که هر کدام از فیبرهای Brag برپایه یک طول موج مشخص ساخته شده است و هنگامی که تغییراتی در آن مشاهده می‌شود نشانگر آنست که حتماً تغییرات دمایی ایجاد شده است.

در این میان آنچه ضروری بنظر می‌رسد جلوگیری از تداخل طول موج اندازه‌گیری بین دو مقدار تعریف شده، برای اندازه‌گیری هر سنسور است. این سیستم می‌تواند در هر لحظه حداکثر به ۶ فیبر مجزا و جدا از هم متصل شود. اما با توجه به تعریف سیستم، دلیلی برای این محدودیت نداریم و در واقع بایستی پرسید که چرا ما قادر به استفاده از فیبرهای نوری بیشتری نیستیم و یا اینکه چرا نقاط بیشتری از هر فیبر اندازه‌گیری نمی‌شوند؟

بر پایه طراحی‌های انجام شده در صنایع شیمیایی، آنچه فیبر Brag ارایه می‌دهد، جدید نیست و سیستم پیشنهادی Spectro Bay به مراتب جدیدتر و به نیازهای موجود در صنایع شیمیایی نزدیک‌تر است. بر پایه اطلاعات بروشورها، در یک مقایسه اقتصادی، این سیستم به هیچ عنوان با سیستم ساده‌ای که در آن از ترموکوپل و مقاومت حرارتی بهره می‌بریم قابل مقایسه نیست. ویژگی‌هایی که باعث می‌شود تا سیستم Spectro Bay مورد توجه قرارگیرد عبارتند از:

- نیاز به بهره‌گیری از تعداد زیادی سنسور

- قابلیت اتصال این سنسورها به یکدیگر

- قابلیت کار در محیط‌های پرریسک

- قابلیت ارتباط با سیستم فیبرنوری که به منظور اندازه‌گیری همزمان و جمع‌آوری داده‌های مربوط به آنها استفاده می‌شود.

هنگامی که هزینه‌های مربوط به کابل کشی سیستم‌ها بسیار بالاتر از حد انتظار شد، جایگزینی سیستم ارزانتر و ساده‌تر جزو ملزومات قرار گرفت. سیستم انتقال بدون سیم (Wireless) بر مبنای آنچه «کلیف لوئیس» می‌گوید:

«ارزانتر و بدون سوال و ابهام است». ترانسمیترهای دمای Accutech که مبتنی بر انتقال بدون سیم است دارای یک باتری با عمر مفید ۵ سال و محدوده عملکرد از ۵۰۰ تا ۲۰۰۰ فوت است و با توجه به مقادیر پروتکل MVP به ترانسمیترهای سیمی معمولی بسیار نزدیک است. البته زمان پاسخ دهی این ترانسمیترها نسبت به ترانسمیترهای سیمی به میزان ۱ تا ۵ ثانیه کندتر است. این ترانسمیترها در جایی که دسترسی برای نصب و استفاده از ترانسمیترهای سیمی امکان پذیر نیست کاربرد دارند. برج‌های بلند، تجهیزات متحرک مانند کوره‌های دوار و خشک کن‌ها برخی از این موارد هستند.