

سنسورهای دما

یکی از مسائلی که همواره برای آدمی اهمیت داشته دمای اطراف خود بوده است. بعد از صنعتی شدن جوامع، اهمیت اندازه دما برای مردم برای دانستن دمای خانه، دمای مواد در پروسه تولید که صحیح انجام شدن آن به دما در هر زمان وابسته است و ... بیشتر شد.

برای همین بشر همواره برای اندازه گیری دمای اطراف خود تلاش نموده است و به همین خاطر لوازم اندازه گیری متنوعی ساخته شده که در هر کدام بر اساس خاصیت خاصی این اندازه گیری صورت می گیرد. در این تحقیق با توجه به عنوان آن ابتدا سنسور، دما و اندازه گیری آن مورد بحث قرار گرفته است و پس از آن به معرفی انواعی از سنسورهای اندازه گیری دما پرداخته شده است.

سنسور چیست؟

سنسور در زبان لاتین به صورت کلی به معنای حسگر میباشد و به هر وسیله یا دستگاهی که عمل حس کردن را انجام میدهد سنسور گفته میشود. (سنسور اسم فاعل فعل Sense به معنای حس و احساس میباشد) امروزه لفظ سنسور بیشتر به المانها یا قطعاتی اطلاق میشود که توانایی حس کردن و تبدیل یک کمیت را به سیگنالهای الکتریکی (صرفنظر از دیجیتال یا آنالوگ بودن سیگنال) را داشته باشد. در جدول بعد کمیت‌های قابل اندازه گیری با سنسور آمده است.

- خواستگاه اصلی سنسورها در علم الکترونیک بوده و امروزه اکثر دستگاههای الکترونیکی مجهز به انواع سنسور میباشند. همچنین وسائل کنترل کننده ای که به کمک دستگاههای الکترونیکی کنترل یک مجموعه را عهده دارند به صورت خاص اکثراً از انواع سنسور، بسته به نوع و کار دستگاه استفاده میکنند.
- سنسور را به سه زیر بخش ۱- عنصر حس کننده : که سیگنال به صورتی در آن تغییری ایجاد می کند، ۲- عنصر تغییر دهنده یا مبدل : که تغییر به وجود آمده در بخش قبلی را به سیگنال الکتریکی تبدیل می کند و ۳- بخش آماده سازی و پردازش سیگنالهای الکتریکی تقسیم کرد.
- همچنین یک سنسور مانند سنسورهای پیزو الکتریک یا سنسورهای نوری می تواند به تنهایی از یک بخش مبدل تشکیل گردد و بخش عنصر حس کننده را نداشته باشد .

• مرحله آماده سازی سیگنال به عنوان مثال شامل تقویت کردن، فیلتر سازی، تبدیل آنالوگ-دیجیتال یا مدارات تصحیح ساده می باشد. مدارات الکترونیکی اجرا کننده مرحله آماده سازی سیگنال می تواند یا با سنسور به طور یکجا ساخته شود یا از نظر مکانی از آن جدا باشند . در حالت اول ما از سنسورهای مجتمع صحبت می کنیم. در غیر این صورت سنسور و مدارات آماده کننده سیگنال توأمأً اغلب به نام سیستم سنسور موسوم هستند. در شکل زیر سه نوع سیستم سنسور آمده است.

- طبقه بندی سنسورها طبق قرارداد، بر اساس قانون تبدیل، مقدار کمیت مورد اندازه گیری، تکنولوژی مورد استفاده و یا کاربرد انجام می شود.
- سنسورها را می توان به دو نوع عمده فعال و غیر فعال گروه بندی کرد . سنسور فعال یا خود مولد سنسوری است که می تواند بدون احتیاج به تغذیه خارجی، سیگنال خروجی تولید کند. مثالی از این نوع، سلولهای فتو ولتایی، ترموکوپلها و قطعات پیزو الکتریک هستند . اغلب سنسورهای پسیو معمولی احتیاج به یک منبع انرژی خارجی دارند که در مورد قطعات این تحقیق این

انژی از نوع الکتریکی است. این قطعات با ایجاد تغییر در ولتاژ و یا جریان یک منبع کار می کنند. نوع دیگری از سنسورهای پسیو که اغلب اصلاح کننده نامیده میشوند دقیقاً همان نوع از انرژی را که در ورودی دریافت کرده اند در خروجی ارائه می دهند. یک نمونه از این قطعات دیافراگم صوتی است که برای تبدیل فشار و یا سرعت ارتعاشات امواج صوتی به حرکت یک صفحه صلب انجام می گیرد.

همزمان با پیشرفت میکرو پروسورها نسل جدیدی از سنسورها رواج یافته که به سنسور های هوشمند معروف شده اند. این نوع سیستم از یک سنسور مینیاتوری که همراه با یک پروسور در یک محفظه واحد مجتمع شده تشکیل یافته است. لازم به توضیح است که این نوع سنسور، یک سنسور به صورت آی سی ستونی است و بایستی بین این نوع سنسور و نوع هیبرید که در آن سنسور و پردازشگر به جای آن که فقط در یک محفظه قرار گیرند حتی روی یک زیر لایه رشد داده می شوند تفاوت قایل شد.

• سنسور ها به منظور جلب توجه استفاده کنندگانشان باید چندین نقش عمومی را به طور کامل اجرا کنند و از این رو یک سنسور خوب باید مشخصات زیر را داشته باشد:

- حساسیت کافی
- درجه بالای دقت و قابلیت تولید دوباره خوب
- درجه بالای خطی بودن
- گستره دینامیکی خوب
- عدم حساسیت به تداخل و تاثیرات محیطی
- درجه بالای پایداری و قابلیت اطمینان
- امید به زندگی طولانی و جایگزینی بدون مشکل

• ترکیب سنسور و الکترونیک سنسور منجر به ویژگیهای خاصی می شود از جمله :

- سیگنال خروجی بدون نویز
 - سیگنال خروجی سازگار با باس
 - احتیاج به توان پایین
- اگر سنسور و الکترونیک با هم مجتمع شوند در این صورت ویژگیهای بیشتری باید برآورده شود که از آن جمله قابلیت مینیاتورسازی و قابلیت سازگاری هزینه با میکروالکترونیک است.

• در تولید سنسورها اکثراً از تکنولوژی های میکرو الکترونیک زیر استفاده می شود:

- تکنولوژی سیلیکان
- تکنولوژی لایه نازک
- تکنولوژی لایه ضخیم/هیبرید
- سایر تکنولوژی های نیمه هادی

علاوه بر این از پروسه های دیگری نظیر تکنولوژی های فویل و سینتر، تکنولوژی فیبر نوری، مکانیک دقیق، تکنولوژی لیزر نوری، تکنولوژی میکروویو، تکنولوژی بیولوژی، تکنولوژی هایی از قبیل پلیمر ها، آلیاژهای فلزی یا مواد پیزو الکتریکی استفاده می شود.

دما و اندازه گیری آن

کمیت فیزیکی که ما آن را گرما می نامیم یکی از اشکال مختلف انرژی است و مقدار گرما معمولاً بر حسب واحد ژول سنجیده می شود. مقدار گرمایی که در یک شی موجود است قابل اندازه گیری نمی باشد، اما میتوان تغییرات گرمای موجود در یک شی که بر اثر تغییر دما و یا تغییر در حالت فیزیکی (جامد به مایع، مایع به گاز، یک شکل کریستالی به شکل کریستالی دیگر) ایجاد میشود را اندازه گیری کرد. بنابراین این از این جنبه دما میزان گرما برای ماده است تا وقتی که حالت فیزیکی آن بدون تغییر بماند. ارتباط بین دما و انرژی گرمایی بسیار شبیه به ارتباط بین سطح ولتاژ و انرژی الکتریکی است.

دما یکی از مهمترین پارامترها در کنترل یک فرآیند است. اندازه گیری دقیق دما آسان نیست و برای دستیابی به دقتهای بالاتر از ۰/۵ درجه سانتیگراد باید توجه زیادی مبذول داشت. همچنین سنسورهای دمای رایج تماماً وابسته به تغییراتی هستند که همراه با تغییرات دمای ماده به وجود می آید.

• واحد کمیت فیزیکی که به دمای ترمودینامیک با واحد T معروف است، کلوین می باشد و به صورت کسری از دمای ترمودینامیک سه نقطه ای آب تعریف می شود. اغلب مردم درجه سانتی گراد (سلسیوس) را می شناسند. رابطه بین دمای کلوین و سلسیوس به صورت زیر است:

از رابطه بالا به این نتیجه می رسیم که دمای سه نقطه ای آب بر حسب درجه سلسیوس ۰/۰۱ است. از دیدگاه عملی دمای یخ صفر درجه سانتیگراد و دمای بخار آب ۱۰۰ درجه سانتیگراد است. جدول زیر نقاط دمایی ثابت از چند پدیده شناخته شده را ارائه می دهد.

جدول زیر نیز نقاط ثابت مورد پذیرش در معیار ITS-90 را که مقیاس جدید معرفی شده جدیدی از سال ۱۹۹۰ برای اندازه گیری دما است را ارائه می کند.

منابع مختلفی میتواند برای ایجاد خطا در حین اندازه گیری دما وجود داشته باشد. خطاها به دلایل مختلف اعم از غیرخطی بودن حسگر، افت دما، خطاهای تنظیم (کالیبراسیون) و اتصالات ضعیف دمایی اتفاق می افتند. برخی از این خطاهای مهم عبارتند از:

- خطاهای تنظیم
 - ایجاد حرارت در اثر عملکرد سنسور
 - اغتشاش الکتریکی
 - فشارهای مکانیکی
 - اتصال حرارتی
 - ثابت زمانی سنسور
 - سرهای اتصال سنسور
- از این رو انتخاب حسگر مناسب همیشه آسان نیست. این کار به عواملی مثل محدوده اندازه گیری دما، وقت مورد نظر، محیط، سرعت پاسخ، سهولت استفاده، قیمت، قابلیت تعویض و... بستگی دارد.

انواع سنسورهای اندازه گیری دما

انواع سنسورهای موجود برای اندازه گیری دما عبارتند از:

سنسورهای بی متال

سنسورهای ترموکوپل

سنسورهای مقاومت فلزی RTD

ترمیستور

سنسورهای مدار مجتمع

سنسورهای تشخیص انرژی تابشی Bolometer

سنسورهای پایروالکترونیک (با استفاده از اشعه مادون قرمز)

سنسورهای پیشرفته مانند سنسورهای التراسونیک (مافوق صوت) و سنسورهای فیبرنوری و سنسورهای MEMS

که در مورد نوع اخیر به خاطر پیچیدگی مدارات و بالا بودن هزینه ها کمتر کار شده است ، اما سنسورهایی از این نوع برای فعالیتهای صنعتی که باید اندازه گیری همراه با عدم تماس صورت گیرد بسیار مفید است.

سنسورهای بی متال

ساده ترین نوع سنسور حرارتی از نوع بی متال است که اساس کار آن در شکل زیر آمده است.

ترکیب فوق شامل دو نوار فلزی از دو جنس مختلف است که با نقطه جوش و یا پرچ کردن در دو نقطه به یکدیگر متصل شده اند. جنس فلز دو نوار به گونه ای انتخاب می شود که ضرایب انبساط خطی آنها با یکدیگر تفاوت زیادی داشته باشند. مقدار انبساط (یا ضریب انبساط) خطی عبارت است از خارج قسمت تغییر مقدار طول به تغییر دما و این مقدار برای همه فلزات مقداری است مثبت که در جدول بعد مقادیر ضریب انبساط برای چند نوع فلز آمده است .

با تغییر دما همانگونه که در شکل آمده نوار بی متال دچار خمیدگی می شود.

- خمیدگی پدید آمده در نوار بی متال را می توان در وسط هر یک از ترانسدیوسرهای جابه جایی تشخیص داد ، اما اغلب اوقات از خود نوار بی متال برای راه اندازی کنتاکتهای یک کلید استفاده می شود و معمولا خود بی متال یکی از کنتاکتهای کلید است.
- نوع رایج بی متال هنوز هم در انواعی از ترموستات ها مورد استفاده قرار می گیرد. اگر چه بی متال در آنها به صورت حلزونی پیچیده می شود ، اما این نوع ترموستاتها داراس هیستریزیس هستند . این خاصیت ممکن است باعث نوسان مشخصات قطع و وصل ترموستات شود .

• با استفاده از یک المنت تسریع کننده می توان تا حدودی اثر هیستریزیس را کاهش داد. تسریع کننده در واقع شامل یک مقاومت با مقدار زیاد است که نزدیک بی متال نصب می شود. اصول کار با توجه به شکل زیر به این ترتیب است که وقتی کنتاکتهای ترموستات گرم کننده وصل می شوند جریانی از مقاومت تسریع کننده عبور می کند به طوری که سرعت گرم شدن ترموستات بیشتر از سرعت گرم شدن محیط خواهد بود. هم اکنون ترموستاتهای حساس تری ساخته شده که به وسیله ترمیستور عمل می کنند.

• نوارهای بی متال در اشکال فیزیکی متنوعی ساخته می شوند و به خصوص نوع دیسکی آن کاربرد زیادی دارد. زمانی که یک تغییر دمایی رخ می دهد یک دیسک از نوع بی متال به طور ناگهانی قوس دار می شود که باعث میشود بدون هیچ واسطه ای یک تغییر شکل فنری برای صفحه اتفاق بیفتد. این اساس کار سوییچهای حرارتی است که برای جلوگیری از افزایش گرمای تجهیزات الکترونیکی مورد استفاده قرار می گیرند.

این سوییچهای حرارتی را می توان به خنک کننده های آلومینیومی (هیت سینک)، موتورهای کوچک، ترانسفورمرها، کتری برقی و سایر وسایلی که در آنها احتمال گرم شدن بیش از حد وجود دارد و دارای سطح فلزی هستند چسباند.

سوییچ های حرارتی به دو نوع در حالت عادی باز و در حالت عادی بسته قابل تهیه می باشند.

همه انواع نوارهای بی متال با عنصر حساس طویل که در ترموستاتها مورد استفاده قرار می گیرد بایستی در فواصل زمانی معینی تنظیم مجدد شوند، زیرا نوار بی متال همواره در معرض تغییرات تدریجی (خزش) قرار می گیرد و این تغییرات روی تنظیم ترمیستور تاثیر می گذارد.

سنسورهای ترموکوپل

ترموکوپل ها حسگرهای حرارتی ساده ای هستند که از دو فلز غیر هم جنس که به هم متصل شده اند به وجود آمده اند . در سال ۱۸۲۱ یک فیزیکدان آلمانی به نام توماس سبیک کشف کرد که اگر دو اتصال در دماهای مختلفی قرار گیرند ولتاژ ترموالکتریک تولید می شود و شار جریانی در مدار بسته دو فلز غیر هم جنس جاری می گردد. با توجه به شکل یکی از اتصالات ، اتصال گرم و اتصال دیگر اتصال سرد یا مرجع نامیده می شود.

جریان تولید شده در حلقه بسته ، بستگی به نوع فلزهای مورد استفاده و تفاضل دمای بین اتصالات سرد و گرم دارد.

اگر دما در هر دو اتصال یکسان باشد ، ولتاژهای تولید شده یکدیگر را خنثی می کنند و جریان در مدار برقرار نمی شود. بنابراین یک ترموکوپل به جای دمای مطلق ، تفاضل دمای بین دو اتصال را اندازه گیری می کند.

برای اندازه گیری دما ، باید یک ابزار اندازه گیری ولتاژ را وارد این حلقه کنیم تا بتوانیم اثر ترموالکتریک را اندازه بگیریم . شکل ساختاری را نشان می دهد که ابزار اندازه گیری توسط یک جفت سیم مسی و با استفاده از یک مجموعه ترمینال به ترموکوپل وصل می شود.

• ترموکوپل ها ، ولتاژی تولید می کنند که برابر تفاضل دما بین نقطه اتصال گرم و سرد (یا مرجع) است. اگر بخواهیم دمای مطلق اتصال گرم را بدانیم ابتدا باید دمای مطلق اتصال مرجع را داشته باشیم . اگر اتصال مرجع مشخص، کنترل شده و پایدار باشد مشکلی وجود نخواهد داشت اما اگر دمای اتصال مرجع نامشخص باشد می توان از یکی از روش های زیر برای یافتن دمای مطلق

اتصال گرم استفاده کرد:

۱- اندازه گیری دقیق دمای اتصال مرجع و استفاده از این دما جهت محاسبه دمای اتصال گرم . ساده ترین روش اندازه گیری دمای اتصال مرجع ، استفاده از ترمیستورها یا حسگر دمایی نیمه هادی است . سپس باید دمای اتصال مرجع را به دمای اندازه گیری شده توسط ترموکوپل اضافه کرد. این روش نتایج دقیق ارایه می کند و هزینه انجام آن به طور کلی پایین است.

۲- قرار دادن اتصال مرجع در یک محیط کنترل شده حرارتی که دمای آن به طور دقیق مشخص است . به عنوان مثال با توجه به شکل می توان از یک حمام یخ برای نگه داشتن اتصال مرجع در دمای یخ استفاده کرد. توجه کنید که در اینجا اتصال مرجع با وارد کردن فلز A به داخل سیستم اندازه گیری از مجموعه ترمینال جدا کرد. جبران سازی توسط حمام یخ ، نتایج بسیار دقیقی ارایه می دهد ولی در صنعت به کار نمی رود.

۳- از آی سی های جبران ساز اتصال سرد مانند LT1025 استفاده شود. این آی سی ها دارای حسگرهای دمای داخلی هستند که دمای اتصال مرجع را که در محیط قرار می گیرد تشخیص و سپس ولتاژی متناسب با ولتاژ تولید شده توسط ترموکوپلی که اتصال گرم آن در محیط و اتصال سرد آن در دمای صفر درجه سانتیگراد است تولید می کنند. این ولتاژ به ولتاژ ترموکوپل اضافه شده و مانند این است که اتصال مرجع در صفر درجه سانتیگراد قرار داده شده است. این آی سی ها دقتی در حد چند درجه سانتیگراد دارند و به طور گسترده در بسیاری از کاربردها که به اندازه گیری دقیق نیاز ندارند استفاده می شوند.

۴- راه دیگر این است که از سیم های مسی ابزار اندازه گیری استفاده نکرد بلکه سیمهای ترموکوپل را به طور مستقیم تا ابزار اندازه گیری کشید و سیم های مسی را در داخل ابزار اندازه گیری که دمای اتصال مرجع در آن به سهولت و دقت قابل اندازه گیری است به هم وصل کرد.

• در حدود ۱۲ نوع ترموکوپل استاندارد وجود دارد که معمولا مورد استفاده قرار می گیرد. به هر ترموکوپل یک حرف تایید شده بین المللی نسبت داده می شود که نشان می دهد ترموکوپل از چه موادی ساخته شده است. در جدول معروف ترین آنها آمده است.

• سه روش نصب برای اتصالات ترموکوپل وجود دارد که در شکل مشاهده می کنید.

• اگر چه در مواردی این امکان وجود دارد که ترموکوپل ها بدون هر گونه عایقی به کار روند ولی در اکثر کاربرد های صنعتی باید آنها را عایق بندی کرد که این کار به دو صورت انجام می گیرد :

۱- با استفاده از مواد عایق استاندارد

معمولا از عایقهای PVC ، تفلون و فایبرگلاس استفاده می شود که هر کدام با توجه به خاصیتشان در محدوده دمایی خاصی به کار می روند.

۲- ترموکوپل های عایق شده با مواد معدنی

این روش معمولترین روش عایق بندی است که سیم های ترموکوپل در پودر عایق (معمولا اکسید منیزیم) غلیظ و فشرده فرو برده می شوند. این روش دارای استقامت مکانیکی خوب، پایداری طولانی ، عایق بندی مناسب ، پاسخ سریع و اندازه کوچک هستند.

• در پاره ای موارد نیاز است که از حسگر ترموکوپل در بیرون استفاده کنیم و طول کابل استاندارد تهیه شده توسط تولید کننده ممکن است کوتاه باشد. برای این منظور کابل های اتصال با استفاده از هادیهای ترموکوپل طراحی شده اند که جهت سهولت

انعطاف پذیر طراحی شده اند واز ترموکوپل ها ارزانتر هستند. معمولا تولید کنندگان جداولی تهیه می کنند که مقاومت سر اتصال را برای ترموکوپل با نوع و طول معلوم کابل ها محاسبه میکنند.

• ساده ترین ترموکوپل از یک جفت سیم با یک سر اتصال جوش خورده بدون عنصر کنترل کننده و اتصالات خاص ساخته میشود اما این نوع ترموکوپلها باید با دقت و درآزمایشگاه ها مورد استفاده قرار گیرند. اما ترموکوپل های صنعتی به اشکال زیر موجود هستند:

- پروب ها
- ترموکوپل پیچی
- ترموکوپل های حلقوی
- ترموکوپل واشری
- ترموکوپل های فرورونده
- ترموکوپل های با سر ترمینالی

- ارتباط ولتاژ و دما در ترموکوپل ها به سه طریق صورت می گیرد :
- استفاده از جدول های مرجع
- استفاده از روش سری توانی
- استفاده از تقریب خطی

• در زیر یک مدار عملی اندازه گیری دما با استفاده از میکرو PIC و ترموکوپل آمده است.

سنسورهای RTD

RTD بر اساس این مشخصه کار می کند که مقاومت فلز با تغییر دما تغییر می کند. از این ایده استفاده شده است که مقدار تغییر دما، به تغییر مقاومت تبدیل شود. بنابر این طبیعتا از فلزاتی استفاده می شود که حساسیت بالاتری داشته باشند. عموما آن را با فلزاتی چون پلاتین، نیکل، آلیاژنیکل-آهن و مس می سازند که هر کدام برای کاربردی استفاده می شوند. در زیر مقایسه ای بین ترموکوپل و RTD را مشاهده می کنید .

• از مس در ژنراتورها و ترانسفورمرها استفاده می کنند، همانطور که در نمودار آمده است نیکل و آلیاژنیکل آهن ، نسبت به پلاتین در بازه دمایی کمتری خطی اند و پلاتین در بازه بیشتری خطی است که بازه دمایی نیکل ۴۰ تا ۳۰۰ درجه سانتیگراد است و آلیاژنیکل آهن در مصارف محدود و خاصی استفاده می شوند.

حسگرهای RTD معمولا به دو روش سیم پیچی شده یا سیم نازک ساخته می شوند. RTD های سیم پیچی شده بسیار پایدار و دارای پاسخ حرارتی کند هستند. RTD های سیم نازک دارای پاسخ حرارتی بسیار سریع ، حساسیت کم نسبت به ارتعاش و قیمت کمتر نسبت به نوع سیم پیچی شده می باشد.

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

تقسیم شده است.

$$\begin{aligned} \text{(Grade A: } t = \pm (0.15 + 0.002 \cdot |t|) \quad -200 \text{ to } 650(^{\circ}\text{C)} \\ \text{(Grade B: } t = \pm (0.30 + 0.005 \cdot |t|) \quad -200 \text{ to } 850(^{\circ}\text{C)} \end{aligned}$$

از پلاتین درجه A بیشتر در کارهای آزمایشگاهی استفاده می شود و در صنعت عموماً از پلاتین درجه B استفاده می کنند.

• برای محاسبه مقدار مقاومت RTD را با توجه به این مورد که مقدار ضریب مقاومتی با تغییر دما تغییر می کند به روابط زیر

می رسم:

$$\text{RTD} = R_0 + \Delta R \quad ; \cdot > \text{For } T$$

$$[\text{RTD} = R_0 \times [1 + A \times T + B \times T^2 + (T - 100) \times T^3$$

$$\text{RTD} = R_0 + \Delta R \quad ; \cdot < \text{For } T$$

$$[\text{RTD} = R_0 \times [1 + A \times T + B \times T^2$$

$$\text{RTD} = R_0 + \Delta R \quad \text{مدل خطی}$$

$$\text{RTD} = R_0 \times (1 + T)\alpha$$

که R_0 مقدار مقاومت پلاتین در دمای صفر درجه است، T دمای پلاتین و A ، B و C ضرایب ثابت اند که از کالیبراسیون می توانیم بدست بیاوریم.

• معمولاً در جاهایی که تکرار پذیری و خطی بودن اهمیت دارد از RTD ها استفاده می شود. البته RTD در مقابل تکانهای شدید و شوکهای مکانیکی به خوبی ترموکوپل مقاوم نیست و همچنین ماکزیمم دمای آن ۱۲۰۰ درجه فارنهایت است ولی ترموکوپل می تواند تا ۳۱۰۰ درجه فارنهایت را اندازه گیری کند.

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

که برای مثال مدار پل سه سیمه بصورت زیر می باشد که مقاومت RTD از رابطه پایین بدست می آید.

برای بهسازی RTD مدارهای مجتمعی نیز وجود دارد که مقاومت را به ولتاژ تبدیل میکنند. به عنوان مثال مدار مجتمع ADS1240 که در زیر آمده است.

مدار زیر DSCA34 می باشد.

همچنین توسط میکرو PIC و RTD نیز با توجه به اشکال زیر میتوان دما را اندازه گیری نمود.

• انواعی از RTD در زیر آمده است.

RTD PT100

TST10-TST11-TST12-TST13-TST14-TST40N-TST41N-TST42-TST44N-TST50-TST52-TST72-TST74-TST76-TST80-TST90-TST110-TST111-TST121-TR10-TR11-TR12-TR13-TR15-TR44-TR45-TR46-TR47-TR48

• RTD معمولا در جا هایی استفاده می شود که تکرار پذیری و خطی بودن برای ما اهمیت داشته باشد. به خوبی ترموکوپل نسبت به تکانهای شدید و شوکهای مکانیکی مقاوم نیست. ماکزیمم دمای کاری آن ۱۲۰۰ است که ترموکوپل قادر است تا دمای ۳۱۰۰ درجه فارنهایت را نیز اندازه گیری کند که این ضعفی برای RTD است.

• در بازار ایران RTD را به دلیل گران بودن و اینکه بیشتر در مصارف صنعتی استفاده می شود نمی توان در مغازه و فروشگاهها پیدا کرد. و به دلیل رقابت در قیمت، ارزش سنسور را نمی گویند. ولی RTD به همراه ترانسیمتر حوالی ۳۰۰ یورو می باشد .

ترمیستورها

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.

ترمیستور از مواد نیمه هادی ساخته می شود. ترمیستور از ترکیبات فلزات سمی مانند اکسید فلزاتی چون منگنز، نیکل، کبالت، مس و یا آهن همراه با سیلیکون ساخته می گردد. رنج دمای آن ۵۰- تا ۱۵۰ و نهایت ۳۰۰ درجه سانتیگراد می باشد. در بیشتر مصارف مقاومت آن در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد (در RTD مقاومت آن نسبت به صفر درجه محاسبه می شد در ترمیستورها نسبت به ۲۵ درجه سانتیگراد محاسبه می شود). بین ۱۰۰ اهم تا ۱۰۰ کیلو اهم می باشد. البته ترمیستورهایی با مقاومت اولیه پایین تر از ۱۰ اهم و بالاتر از ۴۰ مگا اهم نیز استفاده می شود.

ترمیستور ها در اشکال مختلفی مانند تکمه ای ریز، میله ای، دیسکی، واشری، ویفری و همین طور محصور در محفظه فلزی (تراشه ای) ساخته می شوند.

• ترمیستورها به دو نوع تقسیم می شوند NTC که با افزایش دما مقاومت آن کاهش می یابد و PTC که با افزایش دما مقاومت آن کاهش می یابد.

- معمولا ترمیستورهای PTC در مدارهای قدرت برای حفاظت در برابر جریان هجومی به کار برده می شوند. از لحاظ تجاری دو نوع ترمیستور PTC وجود دارد. اولین نوع شامل مقاومتهای سیلیکونی است و به سیلیستور ها مشهور هستند و نوع دیگر که پر کاربرد تر هستند به ترمیستور های PTC switching معروف هستند. این ابزار ها معمولا در کاربردهای کلیدزنی برای محدود سازی جریان در سطح مطمئن در سیستم های قدرت به کار می روند و در کنترل دما و کاربرد های کنترلی به کار برده نمی شوند.

- ترمیستور نوع NTC حساسیت ۳ تا ۶ درصد دارند که در مقایسه با RTD خیلی بالاتر است 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. ترمیستور با دقت و رزولوشن بالایی در رنج دمایی اش کار می کند، دارای مقاومت بالا، اندازه کوچک، تغییر سریع مقاومت با تغییر دما نسبت به RTD، قیمت پایین تر نسبت به RTD و ترموکوپل، عملکرد خیلی غیرخطی و در نتیجه رنج دمای کاری کم و محدودیت برای دمای خیلی پایین نسبت به ترموکوپل و RTD می باشد.

• برای تبدیل مقاومت ترمیستور به ولتاژ می توان از مدار پل استفاده نمود ولی به دلیل مشخصه غیر خطی ترمیستور، خطای غیر خطی مدار پل تاثیر می گذارد که در صورت استفاده از مدار پل باید این موضوع لحاظ شود.
برای خطی کردن پاسخ ترمیستور می باید یک مقاومت به طور موازی به ترمیستور وصل شود و مقدار این مقاومت باید برابر با مقدار مقاومت ترمیستور در حد میانی دمای مورد نظر باشد.
روش دیگر استفاده از مدار تقسیم ولتاژ است. که به دلیل مقاومت زیاد ترمیستور راه حل مناسبی می باشد.
روش دیگر استفاده از مداری با میکروکنترلر PIC12C508 است.

روش دیگر استفاده از مدار پایین است که روشی مشابه تقسیم ولتاژ می باشد. در این روش OpAmp با نسبت مقاومت ترمیستور به RS ولتاژ خروجی را تولید می کند.

یک کار دیگر استفاده از مدار مجتمع AD7711 است که یک A/D می باشد.

روش دیگر استفاده از مداری با آی سی AD7705 می باشد.

یک مدار برای اندازه گیری دما با نوعی دیگری از میکرو PIC در زیر آمده است.

• ترمیستورها انواع مختلفی دارند که تعدادی از آنها با توجه به نوعشان و کاربردها در دو شکل زیر نام برده شده اند.

سنسورهای مدار مجتمع

چون این بخش مربوط به تحقیق یکی دیگر از دوستان می باشد بنابراین در این بخش توضیحات مختصری داده می شود.

حسگرهای دمای مدار مجتمع ابزارهای نیمه هادی هستند که با روشی مشابه دیگر نیمه هادیها ساخته می شوند و برای آنها مانند ترموکوپل ها یا RTD ها انواع کلی وجود ندارد .

حسگرهای نیمه هادی دمای مدار مجتمع می توانند به دسته های زیر تقسیم بندی شوند:

-حسگر های پیوسته دما

-حسگرهای رقمی دما

• علاوه بر این حسگرهای پیوسته به دسته های زیر تقسیم می شوند:

حسگرهای دمای با خروجی ولتاژی

حسگرهای دما با خروجی جریانی

حسگرهای پیوسته می توانند به طور مستقیم به ابزارهای اندازه گیری از قبیل ولت متر ها متصل شوند یا با استفاده از مبدل های A/D برای رقمی کردن خروجی ها استفاده شوند تا در کاربردهای مبتنی بر کامپیوتر مورد استفاده قرار گیرد.

حسگرهای دمایی رقمی معمولا برای ارتباط با محیط خارج دارای گذرگاه IC ، گذرگاه SPI یا بعضی دیگر از وا سطه های سه سیمه هستند.

- حسگرهای دمای با خروجی ولتاژی

این حسگر ها در خروجی یک سیگنال ولتاژی ارائه می دهند که با دمای اندازه گیری شده متناسب است. انواع زیادی از حسگرهای دمای با خروجی ولتاژی وجود دارد که در جدول بعضی از حسگرهای متداول آمده است.

حسگرهای دما با خروجی جریانی

حسگرهای با خروجی جریانی مانند منابع جریان ثابت دارای امپدانس بالا عمل می کنند و جریان خروجی متناسب با دما ارائه می دهند. این ابزارها معمولا با ولتاژ بین ۴ و ۳۰ ولت کار می کنند و برخی از حسگرهای خروجی جریان متداول با مشخصاتشان در جدول زیر آمده است.

- حسگرهای دمای با خروجی رقمی

این نوع حسگرها خروجی های رقمی تولید می کنند که می توانند به طور مستقیم با ابزار مبتنی بر کامپیوتر ارتباط برقرار کنند. خروجیها معمولا غیر استاندارد هستند و دما میتواند با استفاده از الگوریتم های مناسب به دست آید . جدول زیر بعضی از حسگرهای متداول دما از نوع خروجی رقمی را ارائه می کند.

• در شکل زیر یک سیستم برای اندازه گیری دما با استفاده از حسگر با خروجی رقمی و میکرو PIC نشان داده شده است.

• حسگرهای مدار مجتمع به واسطه برخی از مشخصات اساسی از دیگر حسگر ها متمایز می شوند از قبیل:

- اندازه های فیزیکی نسبتا کوچک

- خروجی خطی

- محدوده دمایی پایین

- قیمت نسبتا پایین

- می توانند دارای ویژگیهای پیشرفته ای از قبیل کاربرد های ترموستاتی، مبدل های A/D توکار و ... باشند.

- نیاز به یک منبع تغذیه برای عملکرد

که این خصوصیات باعث کاربرد بسیار آنها شده است.

سنسورهای تشخیص انرژی تابشی (بولومتر)

انرژی تابشی که می تواند به شکل نور، گرما، امواج رادیویی و در مواردی به صورت تابش یونیزه باشد احتیاج به آشکار سازی دارد و محدوده وسیعی از طیف الکترومغناطیسی را می توان به وسیله اثرات دمایی آن تشخیص داد. وسیله به نام بولومتر (bolometer) وجود دارد که به سنسورهای نوری مرتبط می شود اما به دلیل رفتار اساسا گرمایی که دارد در اینجا مورد بررسی قرار می گیرد. بولومتر غالبا در درجه حرارت های بالا (۵۰۰ الی ۳۰۰۰ درجه سانتیگراد) به عنوان حسگر استفاده می شود.

اساس کار بولومتر

• یک جسم سیاه تابش حرارتی را به طور کامل جذب می کند و بنابراین زمانی که انرژی تابشی به آن برخورد می کند دمای آن افزایش می یابد. سپس تغییر دما آشکار سازی میشود. انواع قدیمی بولومترها که در قرن نوزدهم مورد استفاده قرار می گرفتند از نوع فلزی بودند و اثر افزایش دما به دلیل تابش، توسط مدارات پل اندازه گیری حساس آشکار می شد. به دلیل این که تغییر دمای حاصل از انرژی تابش شده ناچیز بوده و بالطبع آن تغییر مقاومت کوچکتر است، معمولا بولومترها به مدارات پل متصل می شوند به طوری که خروجی حاصل از یک بولومتر که تحت تابش قرار نگرفته با خروجی حاصل از یک بولومتر که قبلا در معرض تابش قرار گرفته مقایسه می شود. بولومترهای جدید با استفاده از سنسورهای نیمه هادی ساخته می شوند و برای اینکه بیشترین مقدار جذب انرژی تابشی را داشته باشند، کاملا سیاه هستند.

• به ازای هر تغییر کوچکی در دما بیشترین مقدار تغییر مقاومت در ترمیستور ایجاد می شود و این خاصیت باعث شده است که این نوع قطعات برای ساخت بولومتر ایده آل باشند و طبعاً چنین بولومترهایی نسبت به انواع قدیمی تر دارای حساسیت آشکار سازی بیشتری هستند. در این نوع کاربرد طبیعت غیر خطی ترمیستور کمتر اهمیت دارد، زیرا معمولا تغییرات دما جزئی است.

سنسورهای پایروالکترونیک (Pyroelectric detectors)

روکشهای پایروالکترونیک موادی هستند که وقتی تحت تابش شعاع های فرو سرخ قرار می گیرند، صفحات آنها باردار می شود. در گذشته برای این مورد از لایه های پلاستیکی استفاده می شد، اما ماده ای که اکنون برای آشکار سازی فروسرخ غیرفعال (PIR) مدرن مناسب تشخیص داده شده، تانتالات لیتیم است. ساختمان یک آشکار ساز مشابه با یک خازن است که یکی از صفحات آن از جنس فلز و صفحه دیگر آن یک ماده پایروالکترونیک با صفحه هدایت کننده است. به دلیل اثر فروسرخ در جداسازی بارها روی ماده پایروالکترونیک (که به اشتباه اما به واقع پلاریزاسیون نیز نامیده می شود) همزمان با تغییر مقدار تابش فروسرخ ورودی، مقدار بار الکتریکی و بالطبع آن ولتاژ بین دو صفحه خازن پایروالکترونیک نیز تغییر می کند.

ثابت زمانی دارای مقدار بزرگی است به طوری که سرعت پاسخ به تغییرات در شعاع های فروسرخ در محدوده ۰/۲ تا ۱ هرتز است. به هر صورت به دلیل اینکه آشکار ساز به شکل یک خازن عمل می کند، دارای پاسخ از نوع DC نمی باشد، به طوری که یک منتشر کننده فروسرخ غیرمتحرک قابل تشخیص و آشکار سازی نخواهد بود. مضافاً به این که خازن دارای امپدانس بسیار بالایی است.

پارامترهای اصلی آشکارساز پایروالکترونیک عبارتند از:

۱- قدرت معادل نویز (NEP)

کمیت NEP برای یک انرژی منبع، سرعت تغییر سیگنال و عرض باند بیانگر پایین ترین حدی است که یک آشکارساز می تواند مفید باشد، زیرا سیگنالهایی که پایین تر از این حد باشند زیر سطح نویز قرار می گیرند.

۲- پاسخ دهی

پاسخ دهی را می توان به صورت ولتاژ یا جریان خروجی به عنوان ولت بر واحد انرژی تابشی و یا جریان بر واحد انرژی تابشی، در یک طول موج مسلط و یا دمای رنگی منبع تعریف کرد.

۳- پاسخ فرکانسی

پاسخ فرکانسی یک پاسخ دهی به معنای تغییر پاسخ دهی برای فرکانسهای مدولاسیون (نه فرکانس تابش شده) است و این مطلب بستگی به عمل یک فیلتر پایین گذر با یک قله کمتر از ۱ هرتز دارد.

شکل زیر یک نمونه واحد فروسرخ غیر فعال PIR را که با استفاده از محفظه آی سی DIL با ۸ پین ساخته شده نشان می دهد. مدار معادل آن تشکیل شده از دو خازن پایروالکترونیک است و به گونه ای وصل شده اند که ولتاژهای آنها به یکدیگر اضافه می شود و این ولتاژ جمع شده به گیت یک MOSFET که سورس و درین آن دو پین از محفظه آی سی را تشکیل می دهند اعمال می شود

این واحد آی سی را می توان به همراه یک عدسی تراش خورده (عدسی فرزنل) به کار برد، زیرا لازم است تابش های فروسرخ ارسالی از شی به سطح پایروالکترونیک به صورت متمرکز و با شدت هر چه بیشتر بتابد و در ضمن باعث می شود هر نوع حرکت شی متحرک با زاویه بیشتری کنترل شده و شعاع های فرو سرخ حاصل از شی متحرک گرم از زاویه دید بزرگتری توسط واحد PIR جاروب شود.

موارد اصلی کاربرد آشکارسازهای پایروالکترونیک در اندازه گیری دما، ساخت دزدگیر، کلید اتوماتیک روشنایی و تجهیزات در بازکن اتوماتیک و سیستم مکان یابی است.

نتیجه گیری

برای اندازه گیری دما انواع مختلفی از سنسورها وجود دارد. برخی از حسگر های نوع قدیمی تر عبارتند از ترموکوپل ها، RTD ها و ترمیستورها. این حسگر ها به دلیل محاسن و کارایی زیاد به طور گسترده به کار برده می شوند. نسل جدید حسگرها مانند حسگرهای مدار مجتمع و ابزارهای سنجش دما به روش تابش، تنها برای تعداد محدودی از کاربردها شناخته شده است.

انتخاب نوع حسگر بستگی به میزان دقت، محدوده دمایی، سرعت پاسخ اتصال حرارتی، محیط (از نظر شیمیایی، فیزیکی یا الکتریکی بودن) و همچنین قیمت دارد. در جدول زیر انواعی از حسگرهای دمایی آمده است.

سنجش دما توسط تابش نیاز به سخت افزار و نرم افزار خاص برای پردازش سیگنال دارد و به همین جهت در این تحقیق به آن زیاد پرداخته نشد.

معمولا ترموکوپل هادر صنایع شیمیایی با دمای بالا مثل فرآیندهای شیشه یا پلاستیک سازی استفاده می شوند. در کاربردهای محیطی، سرگرمی های الکترونیکی و صنایع خودکار معمولا از ترمیستورها یا حسگرهای مدار مجتمع استفاده می کنند. RTD ها معمولا در دماهای پایین و صنایع شیمیایی با دقت بالا به کار می روند. کاربرد دیگر حسگرها نیز در قسمت های مربوط به خودشان توضیح داده شده است.

منابع:

[1] <http://www.helalehadi.ir/>

[2] www.jumo.co.ir