



Namatek
True Education

www.namatek.com

Thermistor

ترمیستور

فهرست مطالب

۱. ترمیستور چیست؟
۲. روش های اندازه گیری مقاومتی ترمیستور حرارتی
۳. ارسال سیگنال RTD به اتاق کنترل
۴. کاربرد ترمیستور در صنعت
۵. کاربرد ترمیستور در گوشی های هوشمند

اگر مهندس برق باشید، حتما اسم ترمیستور و rtd را شنیده‌اید. مهمترین
المان های صنعتی در اندازه گیری دما.
در این نوشته به PTC ها و NTC ها و رابطه نزدیکی که با ترمیستور و
rtd دارند، می‌پردازیم.

ترمیستور چیست؟

یکی از روش های اندازه گیری دما، استفاده از تغییرات مقاومت است که
به کمک اندازه گیری تغییر مقاومت می توان دما را اندازه گیری کرد.
اندازه گیری های مقاومتی به دو دسته تقسیم بندی می‌شوند:

روش های اندازه گیری مقاومتی ترمیستور حرارتی

ترمیستور (PTC ضریب حرارتی مثبت)

اندازه گیری با ضریب حرارتی مثبت Positive Temperature
Coefficient (PTC)، در این گونه، افزایش دما منجر به افزایش مقاومت
شده و کاهش دما منجر به کاهش مقاومت می گردد.

رابطه مستقیم بین R و T.

فلزاتی نظیر پلاتین، نیکل، مس و تنگستن.

رنج اندازه گیری $^{\circ}\text{C}$ -۲۷۰~۹۸۰

رنج اندازه گیری صنعتی و عملکردی $^{\circ}\text{C}$ -۲۵۰~۸۰۰

در نمونه های مربوط به PTC، از استاندارد IEC 60751 تحت عنوان استفاده می‌کنیم. در این استاندارد در مورد نحوه اندازه گیری، شیوه طراحی، نوع کالیبراسیون و موارد دیگر صحبت شده است.

برای پلاتین تا $^{\circ}\text{C}$ 800، برای نیکل تا $^{\circ}\text{C}$ 315 قابل اندازه گیری بوده و برای سیم پیچی موتور های بزرگ معمولاً از سیم پیچی های مس که تا $^{\circ}\text{C}$ 150 توانایی اندازه گیری دما را دارد، استفاده می‌شود. نوع خیلی پرکاربرد در صنعت، پلاتین است.

ترمیستور (NTC ضریب حرارتی منفی)

اندازه گیری با ضریب حرارتی منفی Temperature Negative Coefficient (NTC)، در ترمیستور ها، افزایش دما منجر به کاهش مقاومت شده و کاهش دما منجر به افزایش مقاومت می‌گردد. رابطه معکوس بین R و T در ترمیستور

اکسید فلزاتی نظیر کروم، کبالت، آهن، ترکیب منگنز و نیکل.

$-50 \sim 350^{\circ}\text{C}$

رنج اندازه گیری

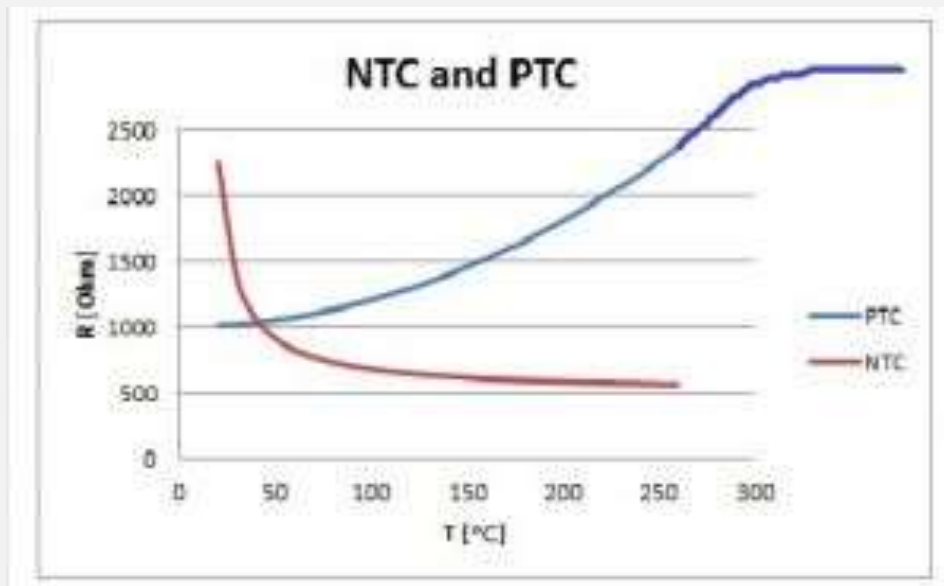
تذکر NTC: ها از نظر قیمت، بسیار گران تر از PTC ها می باشند. این به علت دقت اندازه گیری بالاتر ترمیستور ها است.

به ازای هر 1°C افزایش دما، r_{td} ها در حدود 0.5% افزایش مقاومت داشته، در حالی که این میزان برای ترمیستور ها در حدود $3-5\%$ است. در واقع منحنی تغییرات NTC (ترمیستور) دارای رزولوشن بسیار بیشتری است.

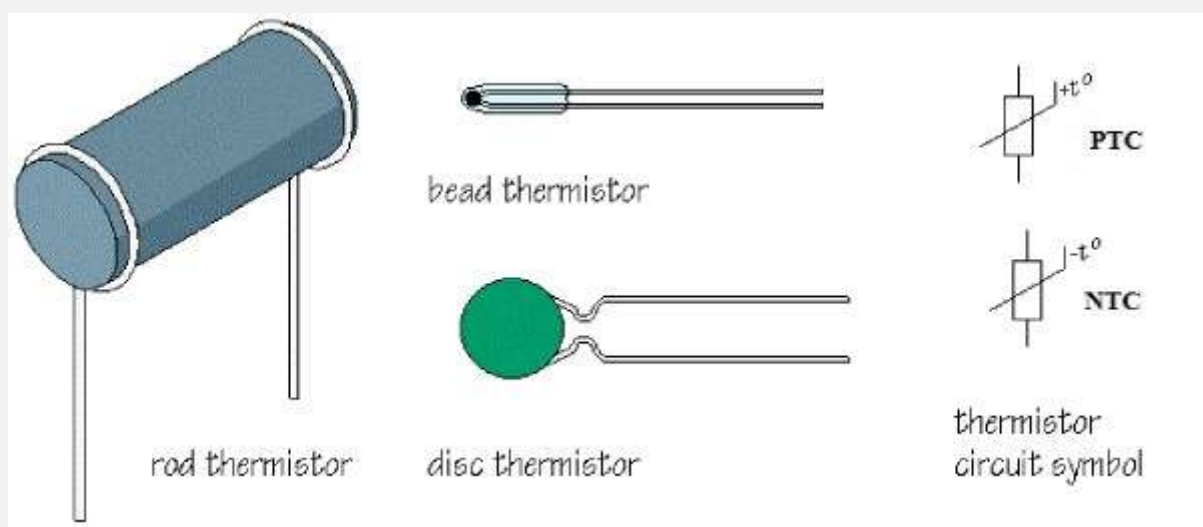


اما در صنعت عموماً از PTC ها استفاده می شود.

نمودار کلی (منحنی مشخصه فیزیکی) برای PTC و NTC را در شکل زیر مشاهده می کنید:



تا حدود دمای 350°C ، PTC ها رفتاری **خطی** دارند. چون این خاصیت خطی به ما پاسخ خوبی را نشان می‌دهد. در صنعت تا دماهای 350°C از PTC ها استفاده می‌شود. در صنعت و تجارت عموماً PTC ها را با نام resistance temperature detector (RTD) می‌خوانند. پرکاربردترین PTC ها، پلاتین PT و نیکل Ni می‌باشند. که PT ها بسیار رایج‌تر هستند.



برای پلاتین، انواع زیر را داریم:

PT 50, 100, 200, 300, ..., 1000

که رایج‌ترین آن PT100 است.

برای PT100 اطلاعات زیر را داریم:

$$100\Omega \leftarrow 0^{\circ}\text{C}$$

$$\alpha = 0.00392 \text{ American Standard}$$

$$\alpha = 0.00385 \text{ European Standard}$$

$$\alpha = \frac{R_{100^{\circ}\text{C}} - R_{0^{\circ}\text{C}}}{100^{\circ}\text{C} \times R_{0^{\circ}\text{C}}}$$

مهم مهم: با استفاده از فرمول فوق و اطلاعات موجود، برای PT100 به ازای

هر 1°C افزایش دما، افزایش مقاومت برابر با 0.385Ω خواهد بود.

اکنون به نظر شما، اگر در اتاق کنترل 120Ω دریافت شود؛ چه دمایی را در

سایت داریم؟

$$100 + (0.385 \times (T - 0^{\circ}\text{C})) = 120$$

$$T = 20/0.385 = 51.9^{\circ}\text{C}$$

در ادامه در رابطه با اینکه المنت اندازه گیری دما، چطور دما را محاسبه

می‌کند و آن را به اتاق کنترل ارسال می‌کند، صحبت خواهیم کرد.

ارسال سیگنال RTD به اتاق کنترل

RTD دو سیمه

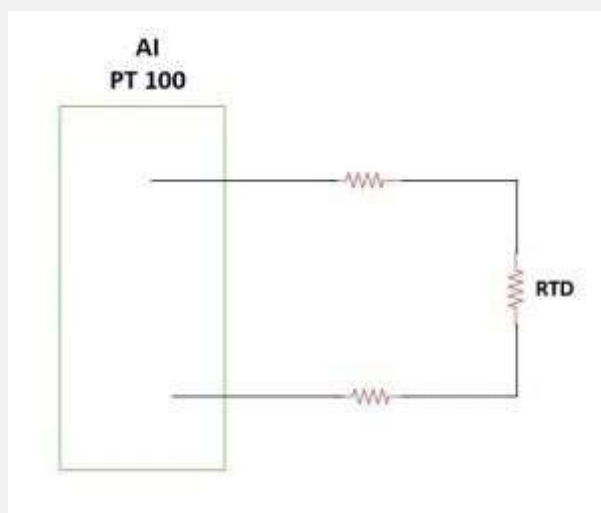
در راهکارهای استفاده از Local Indicator به خروج دو رشته سیم از ترانسمیتر دما و ارسال آن به اتاق کنترل اشاره کردیم.



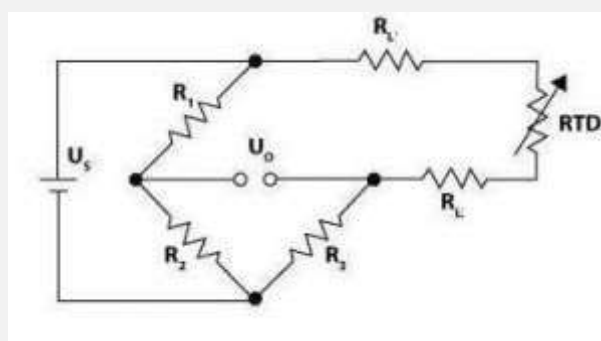
دقت کنید که علاوه بر مقاومت RTD که در داخل ترموول قرار دارد، مقاومت های خط را نیز برای سیم های انتقالی داریم.

حتما مواظب باشید که برای PT100، کارت آنالوگ مخصوص به خودش را برای PLC بایستی خریداری کنید.

مدار جریان به صورت زیر است:



در داخل این کارت آنالوگ یک پل وتستون وجود دارد که به شکل زیر یک خروجی ولتاژ را می دهد.



گفتیم که RTD یا همان PT100 در دمای °C، مقدار 100Ω را نشان می دهد. اگر مقاومت ها را به صورت زیر انتخاب کنیم، پل به حالت تعادل رفته و در دمای °C مقدار ۰ ولت را خواهیم داشت.

$$R_2 \times RTD = R_1 \times R_3$$

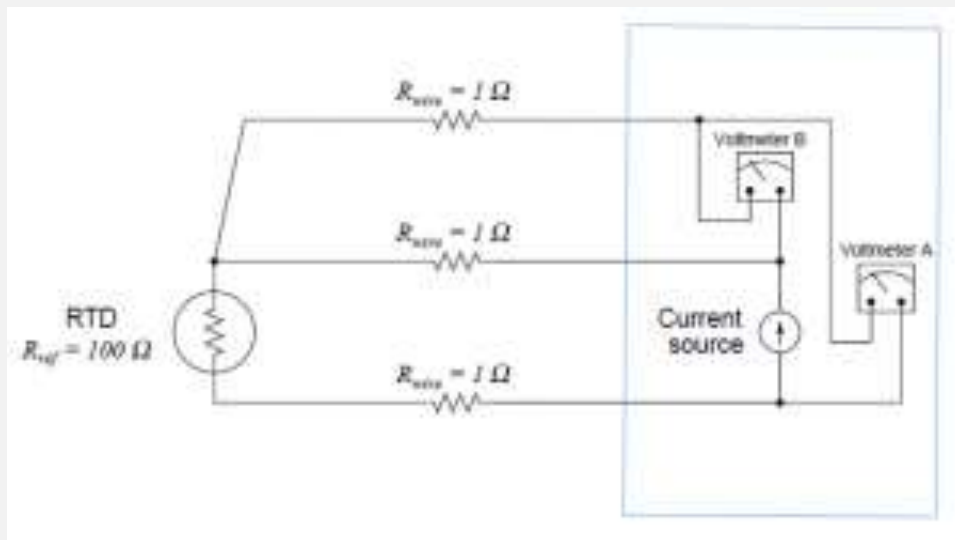
تغییر دما، منجر به تغییر مقاومت می شود و تغییرات مقاومت به صورت تغییر ولتاژی (تقریباً بین ۱-۵ ولت) نمایان می گردد.

مقاومت خط: بایستی توجه کنید که مقدار RTD به طور مستقیم به اتاق کنترل نرفته و مطابق شکل اول، مقاومت های خط را نیز داریم. این ها منجر به ایجاد اشتباه در مقدار مقاومت شده و مقادیر را کمی تغییر می دهد. بنابراین اگر از سنسورهای RTD 2-wire استفاده کردید، اهم پر کیلومتر Ω/km کابل را محاسبه کرده و میزان جبران سازی را به کارت بدهید تا جبران سازی انجام شود و به مقادیر صحیح تری دست یابید. در این حالت فرض کنید که $10 \Omega/\text{km} =$ باشد و طول کابل های ما ۱۰۰ متر باشد. در نتیجه بایستی 1Ω را به عنوان امپدانس اضافی و برای جبران سازی به کارت بدهیم.

به علت خطای مقاومت خط که بالا است، عموماً از RTD 2-wire استفاده نشده و RTD 3-wire کاربردی و عملی است.

RTD سه سیمه

شمای کلی استفاده از RTD سه سیمه به صورت زیر است:



سیم سوم نیز از نظر سطح مقطع و مقاومت بایستی مشابه با دو سیم دیگر باشد. در این حالت در واقع، سه سیم به داخل کارت [PT100](#) از PLC برده شده و شرایط اعمال می‌گردد.

سمت راست بیانگر کارت آنالوگ PT100 در داخل PLC است.

اگر دقت کنید، در حلقه بالایی به علت وجود ولت متر، جریانی نخواهیم داشت. جریانی که در حلقه پایین ایجاد کرده‌ایم را I در نظر گرفته، ولت‌متر A را V_A و ولت‌متر B را V_B نام گذاری می‌کنیم. در نتیجه محاسبات زیر را خواهیم داشت.

$$V_B = R_w \times I \text{ در حلقه بالا}$$

R_w ، منظور مقاومت سیم وسطی می‌باشد! که در واقع همان جریان حلقه پایین از آن عبور می‌کند.

$$\text{در حلقه کلی } I \times R_w + V_{RTD} = V_A$$

با کم کردن این دو عبارت به نتیجه زیر می‌رسیم:

$$V_A - V_B = V_{RTD}$$

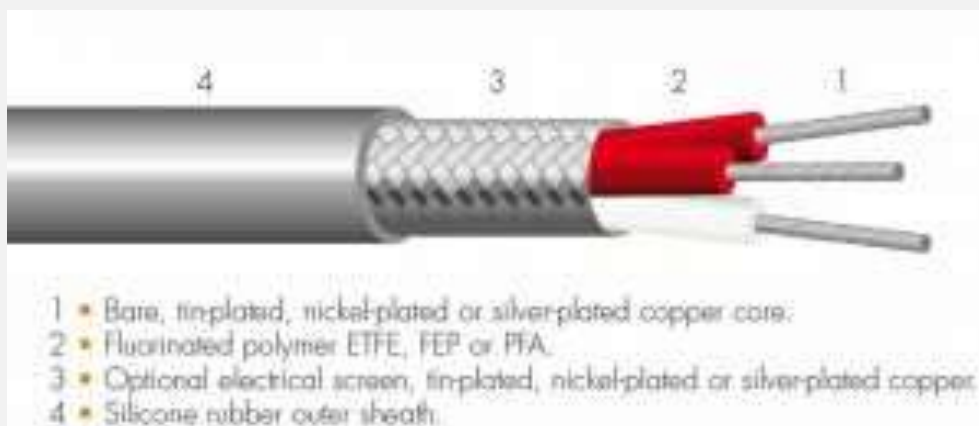
این تنها آیتمی است که در ابزار دقیق، سیگنال مقاومتی را مستقیماً به اتاق کنترل فرستاده و در اتاق کنترل آن را به ولتاژی تبدیل می‌کنیم.

• فاصله بیش از ۲۰۰ متر

تذکر: بایستی به این نکته توجه کنید که در برخی استانداردها، نظیر استاندارد زیمنس این نکته ذکر شده است که برای مسافت‌هایی بیش از ۲۰۰ متر نمی‌توانیم سیگنال مقاومتی را مستقیماً به اتاق کنترل ارسال کنیم و در آنجا اعمال بالا را انجام دهیم. در این موارد، بایستی پل وتستون را در داخل خود ترانسمیتر دما (کله گیر) که همان واحد ترانسدیوسر می‌شود، ایجاد کنیم و نیازی به کارت آنالوگ مخصوص نیست. در نتیجه خروجی مان فقط ۲۰-۴ میلی آمپر خواهد بود.

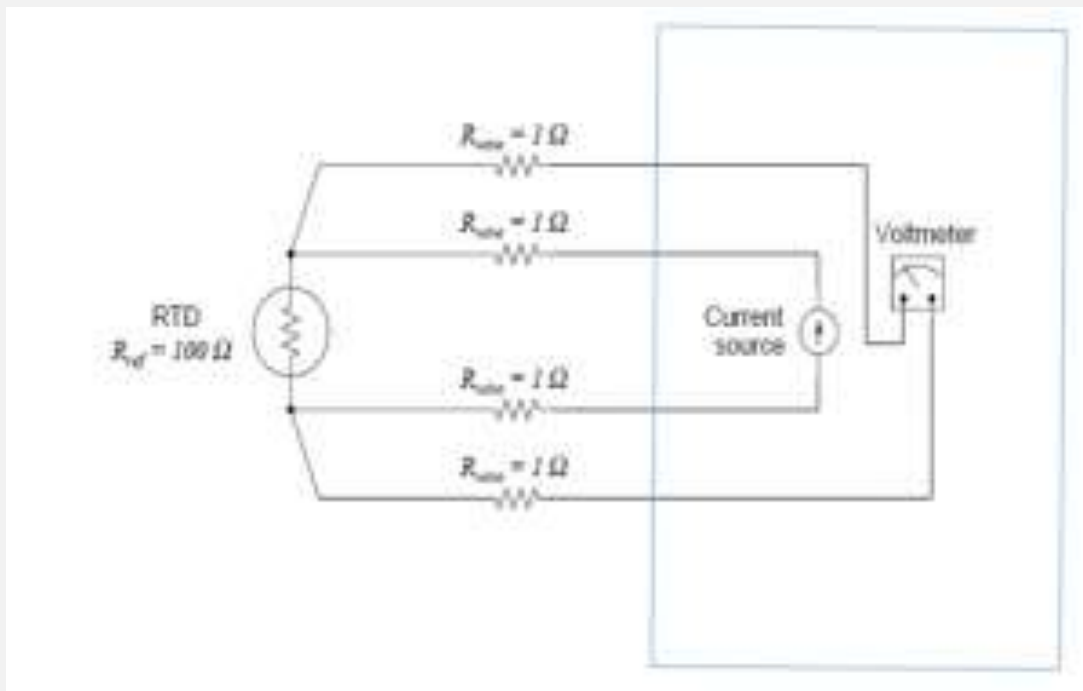
در واقع با پل وتستون خروجی ولتاژی ای ایجاد کرده و سپس آن را به علت وجود نویزها به سیگنال جریانی تبدیل کرده و به اتاق کنترل ارسال می‌کنیم. برای این کار بایستی ترانسمیترهای مخصوص این کار را خریداری کنید و با یک کارت خروجی آنالوگ معمولی می‌توانید مقادیر را دریافت کنید.

RTD های سه سیمه، پرکاربردترین المان برای اندازه گیری دما با روش مقاومت‌های متغیر با دما هستند.



RTD چهار سیمه

برای از بین بردن اثر سیم سوم، می‌توان از ۴ سیم استفاده کرد. در این حالت بایستی یک کارت آنالوگ مخصوص به PT100 با ۴ سیم را خریداری کنیم. این کارت دارای ۴ پایه می‌باشد که بین پایه‌های ۲ و ۳، یک منبع جریان وجود داشته و بین پایه ۱ و ۴ یک ولتمتر و ولتاژ خوان داشته که ولتاژ را می‌خواند و عملاً جریان را از خود عبور نمی‌دهد.



در این حالت، کل جریان از حلقه درونی عبور می کند و جریانی از سیم های ۱ و ۴ عبور نمی کند. در این حالت، ولتاژی که توسط ولتمتر اندازه گیری می شود، دقیقا همان ولتاژ RTD می باشد که متناسب با مقاومت RTD است. سپس با یک کالیبراسیون ساده به راحتی می توانیم دما را بر روی PLC، مشاهده کنیم.

نکته: به عنوان یک نکته کلی این را بدانید که خروجی اکثر تجهیزاتی که در ابزار دقیق با آن ها سر و کار داریم، ۱-۵ ولت بوده که عموما یک مقاومت تقریبا $250\ \Omega$ بر سر راه آن قرار داده و جریان ۲۰-۴ میلی آمپر خواهیم داشت. به همین علت است که ولتاژ ۱-۵ ولت و جریان ۴-۲۰ میلی آمپر را زیاد شنیده اید.

تذکر: در موقع خرید آن به سه پارامتر توجه شود:

۱- ترموول خریداری شود(TW)

۲- ترانسمیتر خریداری شود(TT)

۳- المنت را هم بخریم(Temperature element)(TE)

کاربرد ترمیستور در صنعت

ترمیستور های NTC معمولا به عنوان سنسور دما استفاده می شوند یا به صورت موازی با مدار قرار می گیرند تا به عنوان محدود کننده جریان ورودی به مدار مورد استفاده قرار گیرند.

ترمیستور های PTC معمولا به صورت سری به مدار متصل می شوند و برای محافظت در برابر جریان اضافی استفاده می شوند.



ترمیستورهای NTC در بازه دمایی ۰ تا ۷۰ درجه سانتی گراد با دقت خوبی

در حدود ۰/۱ یا ۰/۲ درجه سانتی گراد عمل می کنند.

این ترمیستورها در

- تراشه های با پوشش شیشه
- اپوکسی های بدون پوشش
- سیم های سرب عایق بندی شده
- میله ها و دیسک ها

استفاده می شوند.

بازه دمایی عملیاتی معمول برای اکثر ترمیستور ها بین ۵۵- تا ۱۵۰ درجه

سانتی گراد است. اگر جنس ترمیستور از شیشه های خاص باشد این بازه

ممکن است تا ۳۰۰ درجه سانتی گراد افزایش یابد.



ترمیستور به صورت گسترده به عنوان

- محدود کننده جریان هجومی
 - سنسور دما
 - محافظ اضافه جریان خود تنظیم (self-resetting)
 - اجزای کلیدی خود تنظیم (self-regulating)
- استفاده می شود.

کاربرد ترمیستور در گوشی های هوشمند

ترمیستور NTC در گوشی های هوشمند نیز به کار می رود. وظیفه آن این است که وضعیت حرارتی باتری را به گوشی اعلام کند. زمان شارژ گوشی، اگر دمای باتری از حد مجاز بیشتر شود، با کم شدن مقدار NTC گوشی به سرعت فرمان قطع عملیات شارژ را صادر می کند.