

Instrumenta o e Sensores

Aula 10 - Sensores de Temperatura - Parte 2

Apresentação

Nesta aula, daremos continuidade ao estudo dos métodos de medição de temperatura. Serão mostrados os métodos que se utilizam de meios eletrônicos para que a leitura seja transmitida, caso necessário, por intermédio do seu sensor. Em seguida, serão abordados os acessórios que, quando necessário, devem ser utilizados para esses métodos. Por fim, apresentaremos os métodos de medição de temperatura por radiação, que não requerem o contato do sensor com o corpo para ter sua temperatura medida.

Objetivos

- Identificar os principais métodos de medição de temperatura que requerem meios eletrônicos para obter o valor de temperatura;
- Estabelecer os acessórios utilizados, caso seja necessário, para o correto funcionamento do instrumento;
- Definir métodos de medição por radiação.

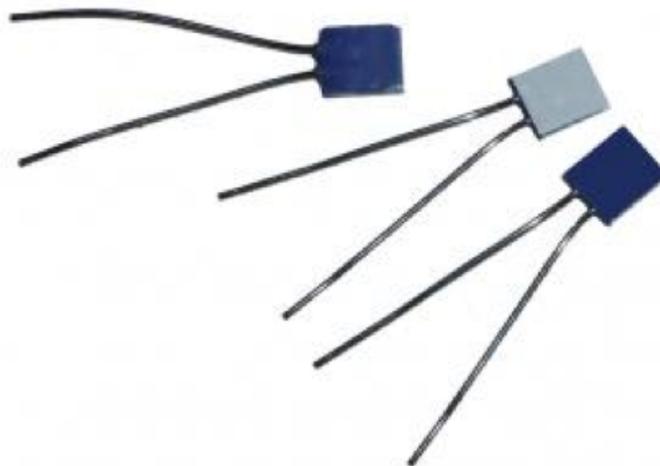
Termômetro de resistência

Os termômetros de resistência têm como característica principal a necessidade de um meio eletrônico. Isso é necessário para que o sinal proveniente do sensor seja convertido em um sinal equivalente à intensidade da temperatura medida, que será, em seguida, transmitido.

Bulbo de resistência de fio metálico

As termorresistências (também conhecidas como bulbos de resistência, termômetros de resistência ou RTD) são sensores que se baseiam no princípio de variação da resistência ôhmica em função da temperatura. Elas aumentam a resistência com o aumento da temperatura. Seu elemento sensor consiste em uma resistência em forma de fio de platina de alta pureza, de níquel ou de cobre (menos usado), encapsulado num bulbo de cerâmica ou vidro.

Figura 01a - Termoresistência (RTD).



Fonte: <http://www.automationinside.com/2014/09/variohm-announced-new-platinum-thin.html>.

Acesso em: 4 abr. 2013.

Figura 01b - Termistor.



Fonte: http://www.pinbits.com/index.php?main_page=product_info&products_id=457. Acesso em: 4 abr. 2013.

Entre esses materiais, o mais utilizado é a platina, pois apresenta uma ampla escala de temperatura; uma alta resistividade (permitindo assim uma maior sensibilidade); um alto coeficiente de variação de resistência com a temperatura; uma boa linearidade resistência x temperatura; e, também, por ter rigidez e ductibilidade para ser transformada em fios finos, além de ser obtida em forma puríssima. Padronizou-se, então, a termorresistência de platina.

A resistência de material semiconductor (Si e Ge) e as soluções eletrolíticas possuem coeficientes térmicos negativos, o que, com o aumento da temperatura, provoca a diminuição da resistência. A resistência elétrica, a semiconductor, com coeficientes negativos, é chamada de termistor, é usada também como sensor de temperatura e em circuitos de compensação de temperatura ambiente das juntas de referência do termopar. Confira, a seguir, as diferenças básicas do termistor em relação à resistência convencional:

- O seu coeficiente de temperatura é negativo.
- Sua resposta é mais rápida e seu tamanho é menor.
- Seu custo é muito menor que o da resistência de Pt ou Ni.

As suas desvantagens são a limitação das faixas de medição (-50 a 300 °C) e a menor precisão.

Configuração de instalação

A ligação pode ser feita através de 2, 3 ou 4 fios. O terceiro e o quarto fio são usados para compensar as variações da resistência dos fios de transmissão do sinal provocadas pela temperatura ambiente variável.

O RTD é elemento sensor do transmissor eletrônico de temperatura. A entrada do transmissor é a resistência e sua saída, o sinal padronizado de corrente, entre 4 e 20 mA cc. A vantagem dessa fiação é que o fio de transmissão é comum e não requer compensação.

O RTD é, também, o elemento sensor do transmissor pneumático de temperatura. A entrada do transmissor é a resistência e a saída, o sinal pneumático padrão de 20 a 100 kPa. Essa instalação é típica para instrumentação pneumática de painel e para medição de temperatura com detector de temperatura a resistência.

Figura 02 - RTD montado em um poço.

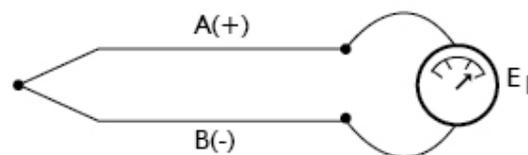


Fonte: Ribeiro (2010).

Termopar

O elemento termopar consiste em dois condutores metálicos, de naturezas distintas, na forma de metais puros ou de ligas homogêneas. Os fios são soldados em um extremo, ao qual se dá o nome de junta quente ou junta de medição. O aquecimento de dois metais diferentes com temperaturas diferentes em suas extremidades gera o aparecimento de uma F.E.M. (força eletromotriz, da ordem de mV). Este princípio conhecido como efeito Seebeck. A outra extremidade dos fios é levada ao instrumento de medição da F.E.M., fechando um circuito elétrico por onde flui a corrente. O ponto onde os fios que formam o termopar se conectam ao instrumento de medição é chamado de junta fria ou de referência.

Figura 03 - Representação do esquema de ligação em um termopar entre seus fios e a tensão fornecida por ele.



Fonte: <http://www.portaldoeletrodomestico.com.br/termopar.htm>. Acesso em: 4 abr. 2013.

Circuito de medição

O circuito de medição completo deve possuir os seguintes componentes básicos:

1. O termopar, que está em contato com o processo. O ponto de junção dos dois metais distintos é chamado de junta quente, ou junta de medição.
2. A junta de referência (ou junta fria ou junta de compensação), localizada no instrumento receptor. Como o milivolt é proporcional à diferença de temperatura entre as duas junções, a junta de referência deve ser constante. Como nos primeiros circuitos havia um recipiente com água e gelo para manter a junta de referência em 0 °C, a junta de referência é também chamada de junta fria. Mesmo quando se mede temperatura abaixo de 0 °C, quando a junta quente é, portanto, mais fria que a junta fria, os nomes permanecem, por questões históricas. Atualmente, em vez de se colocar um pouco prático balde

com água + gelo, utiliza-se o circuito de compensação com termistores e resistências.

3. O circuito de detecção do sinal de milivolt, geralmente a clássica ponte de Wheatstone, com as quatro resistências de balanço. Na prática, o circuito é mais complexo, colocando-se potenciômetros ajustáveis no lugar de resistências fixas. Os ajustes correspondem aos ajustes de zero e de amplitude de faixa.
4. A fonte de alimentação elétrica, de corrente contínua, para a polarização dos circuitos elétricos de detecção e para amplificação e condicionamento dos sinais.

Figura 04 - Tipos de termopar com vários fios de conexão e juntas.



Fonte: <http://www.noworry.com.br/produtos/termorresistencia.asp>. Acesso em: 10 abr. 2013.

Tipos de termopares

Existem vários tipos de termopares, designados por letras, cada tipo apresentando maior linearidade em determinada faixa de medição. Essa variedade de tipos facilita a escolha, principalmente porque há muita superposição de faixas, sendo uma mesma faixa possível de ser medida por vários termopares.

O milivolt gerado é de corrente contínua. O termopar é polarizado e cada metal corresponde a uma polaridade. Convencionou-se que o primeiro nome do termo corresponde ao pólo(+).

Os tipos de termopares mais utilizados são:

- Tipo J, de Ferro (+) e Constantan (-), com faixa de medição até 900°C. Para a identificação, o Fe é o fio magnético.
- Tipo K, de Cromel (+) e Alumel (-), para a faixa de medição até 1.200°C, sendo o Cromel levemente magnético.
- Tipo T, de Cobre (+) e Constantan (-), para faixa até 300 °C. É fácil a identificação do cobre por causa de sua cor característica.
- Tipo S, com a liga (+) de Platina (90%), Ródio (10%) e Platina pura (-). Atinge medições de até 1.500°C. Para identificação, platina pura é a mais maleável.
- Tipo R, também liga (+) de Platina (87%), Ródio (13%) e Platina (-), com a mesma faixa de medição de até 1.500°C. Identifica-se a platina pura pela maior maleabilidade.

Características os Termopares Padrão ISA

Tipo	Material + / -	mV/K	Faixa K	± %	F.E.M (mV)
T	Cobre/Constantan	0,050	3 a 675	0,500	-6,258 a 20,869
J	Ferro/ Constantan	0,050	63 a 1475	1,000	-8,096 a 42,922
K	Cromel/Alumel	0,040	3 a 1645	1,000	-6,458 a 54,875
E	Cromel/Constantan	0,080	3 a 1275	1,000	-9,835 a 76,358
R	Pt + 10% Rh/Pt	0,010	224 a 2035	0,500	-0,226 a 21,108
S	Pt + 13% Rh/Pt	0,010	224 a 2035	0,500	-0,236 a 18,698
B	Pt + 30% Rh Pt + 6% Rh		273 a 2000	0,500	0 a 13,814

Tabela 1 – termopares mais utilizados.

Fonte: Ribeiro (2010).

1. Conforme Norma ISA MC 96.1, Temperature Measurement Thermocouples, 1975.
2. Cromel[®] e Alumel[®] são marcas registradas de Hoskins Co.
3. O milivolt se refere à junção de referência a 0 °C .

O termopar apresenta todas as vantagens inerentes ao sistema elétrico. Por isso, quando comparado ao sistema mecânico de enchimento termal, tem-se:

- Menor tempo de atraso.
- Maiores distâncias de transmissão.
- Maior flexibilidade para alterar as faixas de medição.
- Maior facilidade para reposição do elemento sensor, quando danificado.
- Maior precisão.

Quando comparado com a resistência detectora de temperatura, tem-se que:

- O custo do elemento termopar é menor.
- O tamanho do elemento sensor é menor, portanto, com tempo de resposta menor e mais conveniente para montagem.
- A calibração é fácil.
- As verificações de calibração são mais fáceis. Aliás, a medição de temperatura com termopar é autoverificável quando se tem o dispositivo de proteção de queima (burnout) do termopar. Incorpora-se no circuito de medição um sistema para levar a indicação da leitura para o fim ou para o início da escala, quando ocorrer o rompimento da junta de medição.
- Há flexibilidade para modificação do circuito, para medição de soma ou para subtração de temperaturas.
- As larguras de faixas medidas são maiores que as obtidas no sistema mecânico e com o bulbo de resistência.

Porém, o termopar apresenta as seguintes desvantagens, em relação ao sistema de enchimento mecânico e ao bulbo de resistência elétrica:

- A característica temperatura x milivolt não é totalmente linear.
- O sinal de milivolt pode captar ruídos na linha de transmissão.
- O circuito de medição é polarizado enquanto o da resistência não.
- Requer circuito de compensação das variações da temperatura ambiente.
- A junta de medição pode se deteriorar, se oxidar ou envelhecer com o tempo.

Os termopares são aplicados em medições de temperaturas em um ponto e não em uma região média, onde se requer pequenos atrasos. Eles são convenientes em sistemas que envolvem muitos pontos de medição, sendo selecionado instantaneamente um único ponto para indicação ou registro.

Atividade 01

1. Descreva o funcionamento de um RTD.
2. Descreva o funcionamento de um termopar.
3. Quais são as vantagens do termopar sobre o RTD?
4. Quais são os tipos de Termopar mais utilizados?

Para verificar suas respostas, [clique aqui](#).

Respostas

1. Descreva o funcionamento de um RTD.

São sensores que se baseiam no princípio de variação da resistência ôhmica em função da temperatura. Elas aumentam a resistência com o aumento da temperatura. Seu elemento sensor consiste em uma resistência em forma de fio de platina de alta pureza, de níquel ou de cobre (menos usado), encapsulado num bulbo de cerâmica ou vidro.

2. Descreva o funcionamento de um termopar.

O elemento termopar consiste em dois condutores metálicos, de naturezas distintas, na forma de metais puros ou de ligas homogêneas. Os fios são soldados em um extremo, ao qual se dá o nome de junta quente ou junta de medição. O aquecimento de dois metais diferentes com temperaturas diferentes em suas extremidades gera o aparecimento de uma F.E.M. (força eletromotriz, da ordem de mV). Este princípio conhecido como efeito Seebeck.

3. Quais são as vantagens do termopar sobre o RTD?

- O custo do elemento termopar é menor.
- O tamanho do elemento sensor é menor, portanto, com tempo de resposta menor e mais conveniente para montagem.
- A calibração é fácil.
- As verificações de calibração são mais fáceis. Aliás, a medição de temperatura com termopar é autoverificável quando se tem o dispositivo de proteção de queima (burnout) do termopar. Incorpora-se no circuito de medição um sistema para levar a indicação da leitura para o fim ou para o início da escala, quando ocorrer o rompimento da junta de medição.
- Há flexibilidade para modificação do circuito, para medição de soma ou para subtração de temperaturas.
- As larguras de faixas medidas são maiores que as obtidas no sistema mecânico e com o bulbo de resistência.

4. Quais são os tipos de Termopar mais utilizados?

Os tipos de termopares mais utilizados são:

Tipo J, de Ferro (+) e Constantan (-), com faixa de medição até 900°C. Para a identificação, o Fe é o fio magnético.

Tipo K, de Cromel (+) e Alumel (-), para a faixa de medição até 1.200°C, sendo o Cromel levemente magnético.

Tipo T, de Cobre (+) e Constantant (-), para faixa até 300 °C. É fácil a identificação do cobre por causa de sua cor característica.

Tipo S, com a liga (+) de Platina (90%), Ródio (10%) e Platina pura (-). Atinge medições de até 1.500°C. Para identificação, platina pura é a mais maleável.

Tipo R, também liga (+) de Platina (87%), Ródio (13%) e Platina (-), com a mesma faixa de medição de até 1.500°C. Identifica-se a platina pura pela maior maleabilidade.

Acessórios

Muitas vezes, não é possível instalar diretamente no local o sensor/ instrumento, sem que utilizem acessórios que o protegerá ou dará melhor condições para o seu uso na aplicação desejada. Dessa maneira, seguem abaixo alguns acessórios utilizados nos medidores.

Indicadores Cromáticos

Os indicadores cromáticos são tinturas utilizadas em equipamentos ou estruturas como, por exemplo, em reatores – para indicar, através da mudança de cor, quando chegarem a determinada temperatura. A indicação da temperatura ocorre numa faixa mais baixa do que a temperatura que colocaria as instalações e as pessoas em risco. Dessa forma, há tempo para que todos se retirem ou realizem as operações necessárias para que tudo volte ao normal. A faixa de aplicação deste método é de 50 °C a 1300 °C e o erro obtido pode chegar a ± 10 °C.

Bulbo

O bulbo confina o fluido de enchimento do sistema termal mecânico. Desse modo, o elemento de temperatura é formado pelo conjunto bulbo + capilar + elemento sensor de pressão. O sistema é totalmente selado, sem vazamento e sem bolhas de ar, o que protege o termopar ou o fio de resistência detectora de temperatura dos rigores do processo.

O bulbo fica em contato com o processo quando não há poço. Sua composição varia em função do fabricante: os materiais mais comuns são AISI 316, ligas especiais, como Monel® e Hastelloy®, e metais nobres como Ti, Pt, Ta.

Figura 05 - Elemento sensor com bulbo.



Fonte: Ribeiro (2010).

O Poço

O poço de temperatura é um invólucro metálico, rosqueado, soldado ou flangeado ao equipamento do processo, que recebe o bulbo de medição. Os objetivos do poço são:

- Proteger o bulbo de medição da corrosão química e do impacto mecânico.
- Possibilitar a remoção do bulbo de medição sem interrupção do processo.
- Diminuir a probabilidade de vazamento nas tomadas de temperatura, aumentando também sua resistência mecânica.
- Tornar praticável a medição de fluidos de alta temperatura, corrosivos, sujos, tóxicos ou submetidos à pressão elevada.

A desvantagem do poço de temperatura é o aumento no tempo morto da resposta do sistema, uma vez que passa a existir ar no poço, além da resistência térmica da parede. Para diminuir essa influência, deve-se minimizar a distância entre o bulbo e o poço ou,

então, colocar uma substância condutora para substituir o ar, que é um mau condutor térmico.

Existem poços de temperatura feitos de vários materiais como aço inoxidável, ligas especiais de Monel, Hastelloy, Tântalo, bronze, entre outros. Quando se utiliza o poço, ele funciona como um selo, podendo-se usar bulbos de materiais padronizados. O poço de temperatura evita que o bulbo entre diretamente em contato com o processo.

Figura 06 - Poços utilizados para medição de temperatura.



Fonte: Ribeiro (2010).

Pirômetros de Radiação

O pirômetro de radiação insere-se na classe dos medidores de temperatura de não contato. Mais especificamente, é um termômetro de radiação. O termo “não contato” refere-se ao fato de o sensor não necessitar de contato físico direto com o objeto cuja temperatura se pretende medir.

Na indústria, são usados em áreas como: farmacêutica, química, manutenção, automobilística, alimentar, metalúrgica, produção de plásticos, pasta e papel, cimento, cerâmica, ar condicionado e semicondutores.

A medição de temperatura através de pirômetros de radiação traz várias vantagens: é rápida, não requer contato, não afeta a temperatura do objeto que se pretende medir e, ainda, tem um elevado tempo de vida.

Para temperaturas superiores à 1800°C, não há, de fato, outra alternativa prática.

Mais especificamente, o pirômetro de radiação é o medidor escolhido quando o objeto, cuja temperatura se pretende medir:

- Move-se, roda, vibra.
- Está sob o efeito de campos magnéticos fortes (ex.: aquecimento por indução).
- Sofre mudanças de temperaturas muito rápidas (ex.: fundição, incineradora).
- Está localizado em posição inacessível (dentro de um recipiente).
- Requer medidas de temperatura ao longo da sua superfície.
- Está a temperaturas elevadas para um termômetro de contato, isto é, superiores a 1400°C (ex.: dentro de um forno ou de uma fundição).
- Está fisicamente inacessível para um termômetro de contato.
- Pode danificar-se ou contaminar-se por contato com um medidor (ex.: em indústrias vidreiras, farmacêuticas, químicas, alimentares).
- Tem uma distribuição superficial de temperaturas muito variada.
- É feito de um material com baixa capacidade calorífica ou condutividade térmica.
- Requer medições de temperatura rápidas e frequentes.

Uma distinção importante, a nível prático, acontece entre pirômetros portáteis e pirômetros fixos. Os primeiros são para medições discretas e ocasionais, e os segundos são, geralmente, para medições contínuas. Os portáteis têm a forma de uma pistola; têm uma gama de medidas compreendida entre -50°C e 1300°C; e são, regra geral, de preço relativamente acessível. Os fixos têm medidas que podem ir até valores mais elevados (cerca de 2900°C).

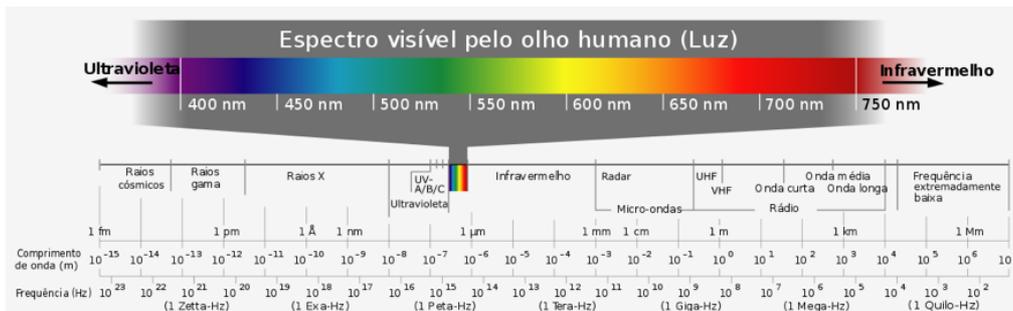
Princípio de funcionamento

Todos os corpos com temperatura superior a 0K emitem energia. A energia emitida aumenta à medida que a temperatura do objeto aumenta. Este fato permite que se possam fazer medições de temperatura a partir de medições da energia emitida,

particularmente se essa energia for infravermelha ou visível.

Os vários tipos de energia irradiada podem ser caracterizados pela frequência (F) ou pelo comprimento de onda (λ). Assim, a zona do visível abrange comprimentos de onda compreendidos entre 400 nm e 750 nm, e os infravermelhos (IV) entre 750 nm e 1 mm. Na prática, o pirômetro de IV comum usa a banda entre 700 nm e 14 μ m. Os vários tipos de radiação encontram-se representados na figura abaixo:

Figura 07 - Faixas de frequência e o tipo de radiação com o seu espectro de luz.



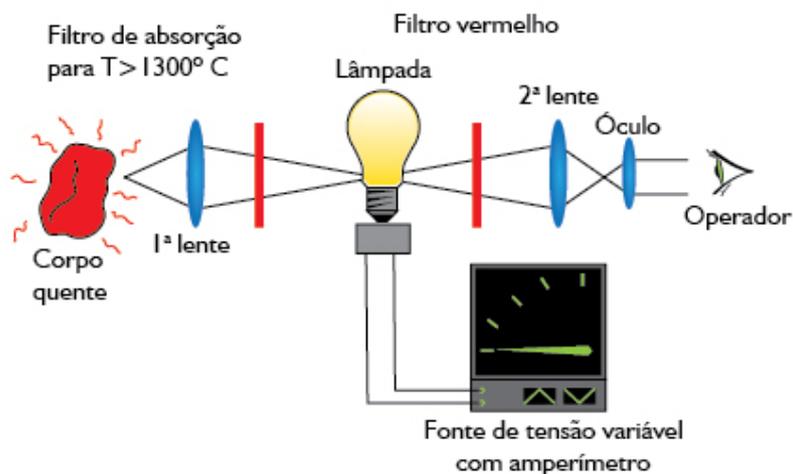
Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Espectro_vis%C3%ADvel. Acesso em: 11 mar. 2013.

Existem vários tipos de pirômetros de radiação, que podem ser englobados em duas classes: pirômetros de banda larga e pirômetros de banda estreita. Nos primeiros utiliza-se uma relação exponencial entre a energia total da radiação emitida e a temperatura; nos segundos, a variação da emissão de energia de radiação monocromática com a temperatura.

Dentre os pirômetros de banda larga encontram-se os pirômetros de radiação total e de infravermelhos. Nestes aparelhos, a radiação proveniente de um objeto é coletada pelo espelho esférico e focada em um detector de banda larga D, que emite um sinal que é função da temperatura. O valor de temperatura indicado é um valor médio da temperatura dos corpos que se encontram dentro do seu campo de visão.

O pirômetro de banda estreita clássico é o chamado pirômetro óptico. Este se destina a temperaturas entre 700-4000°C. A energia radiante emitida pelo corpo é focada por meio de uma objetiva sobre o filamento de uma lâmpada de incandescência, sendo a imagem do conjunto, depois de filtrada, observada por uma ocular. O filtro de absorção destina-se a estender a utilização do pirômetro a temperaturas elevadas. O filtro vermelho efetua a análise espectral numa banda de frequências estreita da zona do visível, importante para o espectro de radiação correspondente à gama de medida do pirômetro. A imagem observada pela ocular contém o filamento e o objeto incandescente sobrepostos. A figura abaixo descreve o que se vê em três situações possíveis.

Figura 08 - Esquema de funcionamento de um pirômetro óptico.



Fonte: http://www.eq.uc.pt/~lferreira/BIBL_SEM/global/piometro.htm. Acesso em: 11 mar. 2013.

Faixas de medição

As faixas de medida para os principais tipos de pirômetros de radiação são:

- Pirômetro de radiação total $[-40^{\circ}\text{C}; \text{inf}[$
- Pirômetro de radiação parcial $[200^{\circ}\text{C}; \text{inf}[$
- Pirômetros ópticos $[700^{\circ}\text{C}; 3100[$

Outra distinção que se pode fazer é entre móveis e fixos:

- Pirômetros móveis: -50°C a 1300°C
- Pirômetros fixos: 0°C a 2900°C

Figura 09 - Termômetro infravermelho.



Fonte: http://www.eq.uc.pt/~lferreira/BIBL_SEM/global/pirometro.htm. Acesso em: 11 mar. 2013.

Resumo

Esta aula abordou, inicialmente, os métodos de medição que requerem meios eletrônicos para a obtenção dos valores de temperatura. Em seguida, foram apresentados os acessórios que, se necessários, devem ser empregados na instalação para melhor adequação do equipamento ao processo. Finalizamos a aula com a apresentação dos medidores térmicos que utilizam o valor da intensidade de radiação para determinar a temperatura do ponto no corpo de onde se deseja obter o valor de temperatura.

Autoavaliação

1. Pesquise os dois tipos de termistores básicos existentes e descreva-os.
2. O RTD é utilizado com um padrão de corrente de 4mA a 20mA. Pesquise sobre essa faixa de corrente e responda por que ela não se inicia a partir do 0mA.
3. Pesquise e mostre como é feita a ligação em série e em paralelo nos termopares.
4. Conceitue os acessórios: bulbo e poço.
5. De acordo com o texto, quais são os tipos de pirômetros e por que eles são tidos como medidores de "não contato"?

Para verificar suas respostas, [clique aqui](#).

Respostas

1. Pesquise os dois tipos de termistores básicos existentes e descreva-os.

PTC – Positive Temperature Coefficient, são termístores cujo coeficiente de variação de resistência com a temperatura é positivo: a resistência aumenta com o aumento da temperatura.

NTC – Negative Temperature Coefficient, são termístores cujo coeficiente de variação de resistência com a temperatura é negativo: a resistência diminui com o aumento da temperatura.

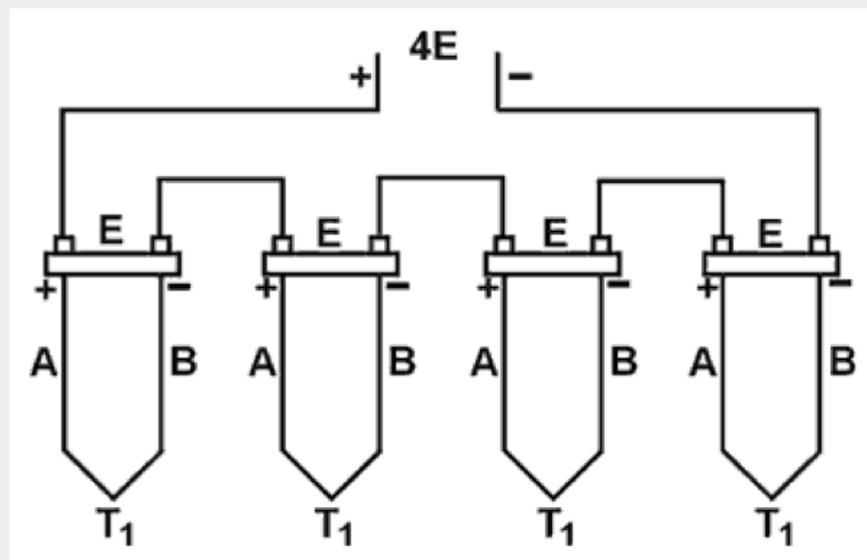
2. O RTD é utilizado com um padrão de corrente de 4mA a 20mA. Pesquise sobre essa faixa de corrente e responda por que ela não se inicia a partir do 0mA.

Porque a utilização de 4 mA permite ao sistema detectar uma falha, seja no instrumento ou na linha de alimentação (um rompimento do cabo por exemplo). Se a corrente se mantém circulando, é um indicativo que tudo está funcionando naquela malha.

3. Pesquise e mostre como é feita a ligação em série e em paralelo nos termopares.

Serie

A associação em série é utilizada quando se deseja ampliar o sinal elétrico gerado pelo termopar. Como vemos na figura ligação em série, o sinal de um termopar é a f.e.m. "E". Ao efetuarmos a associação em série de 4 termopares iguais a milivoltagem medida pelo instrumento será igual a 4E.



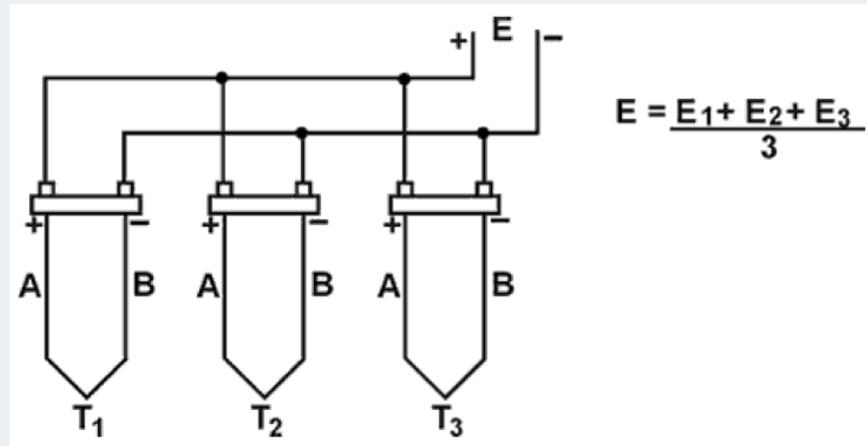
Fonte:

http://www.termopares.com.br/teoria_sensores_temperatura_termopares_associacao_serie/

Paralelo

Para medirmos a temperatura média ao longo de um grande duto, em grandes fornos ou equipamentos onde a medida pontual não é significativa, podemos usar os termopares, ligando certo número deles em paralelo. A milivoltagem no instrumento ou no ponto de conexão em paralelo é a média daquela produzida pelo número de termopares utilizados. Esta voltagem é

igual à soma das voltagens individuais, dividida pelo número de termopares ou é a mesma milivoltagem que poderia ser gerada por um único termopar, na temperatura média. As ligações em paralelo dos termopares para medidas de temperatura média, é vantajosa, isto porque a calibração do instrumento pode ser a mesma para um único termopar.



Fonte:

http://www.termopares.com.br/teoria_sensores_temperatura_termopares_associacao_paralelo/

4. Conceitue os acessórios: bulbo e poço.

O bulbo confina o fluido de enchimento do sistema termal mecânico. O sistema é totalmente selado, sem vazamento e sem bolhas de ar, o que protege o termopar ou o fio de resistência detectora de temperatura dos rigores do processo. O bulbo fica em contato com o processo quando não há poço.

O poço de temperatura é um invólucro metálico, rosqueado, soldado ou flangeado ao equipamento do processo, que recebe o bulbo de medição. Os objetivos do poço são proteger o bulbo de medição da corrosão química e do impacto mecânico, possibilitar a remoção do bulbo de medição sem interrupção do processo, diminuir a probabilidade de vazamento nas tomadas de temperatura, aumentando também sua resistência mecânica e tornar praticável a medição de fluidos de alta temperatura, corrosivos, sujos, tóxicos ou submetidos à pressão elevada.

5. De acordo com o texto, quais são os tipos de pirômetros e por que eles são tidos como medidores de “não contato”?

Pirômetros portáteis e pirômetros fixos. Os primeiros são para medições discretas e ocasionais, e os segundos são, geralmente, para medições contínuas. O termo “não contato” refere-se ao fato de o sensor não

necessitar de contato físico direto com o objeto cuja temperatura se pretende medir

Referências

BEGA, Egídio Alberto; DELMÉE, Gerard Jean; COHN, Pedro Estéfano (Org.). **Instrumentação industrial**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciencia, 2006.

CAMPOS, Saulo Garcia. **Temperatura**. Disponível em: <<https://sites.google.com/site/automacao0/disciplinas/instr2009/mvp>>. Acesso em: 12 mar. 2013.

EDUARDO, José. **Termopares**. Disponível em: <http://www.termopares.com.br/teoria_sensores_temperatura_termopares_associacao_serie/>. Acesso em: 18 mar. 2013.

FREIRE, Amaury. **Temperatura**. Disponível em: <http://www.faculdadedavilamatilde.com.br/publicacoes/Instrumenta%C3%A7%C3%A3o%20Industrial_Temperatura_pg1_40.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2013.

GONÇALVES, Vitor. **Instrumentação**. Lisboa: CENFIM, 2010.

PIRÔMETRO de radiação. Disponível em: <http://www.eq.uc.pt/~lferreira/BIBL_SEM/global/pirometro.htm>. Acesso em: 11 mar. 2013.

RIBEIRO, Marco Antonio. **Instrumentação**. 14. ed. Salvador: [S.n.], 2010.

STEFFENS, César Augusto. **Termistores NTC**. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/mpef/mef004/20061/Cesar/>>. Acesso em: 13 ago. 2013.

Oliveira, Felipe Ferreira de. **Pirômetro, instrumentação eletrônica**. Disponível em: <http://www.dee.ufrn.br/~luciano/arquivos/ins_ele/Apresenta%e7%f5es_2007_2/Felipe/instrumenta%e7%e3o_-_pir%f4metro.ppt>. Acesso em: 28 fev. 2018.