

Termistores NTC e PTC

Arthur Faria Campos*, 16/0024242, Bruna Medeiros da Silva†, 16/0048711

*† Engenharia Eletrônica, UNB-FGA, Brasília, Brasil

Resumo— Os termistores são resistores termicamente sensíveis, cujas características exibem grandes mudanças na resistência com uma pequena mudança da temperatura do corpo, devido à alteração na concentração de portadores de carga. Esta mudança da resistência com a temperatura pode resultar em um coeficiente negativo da resistência, onde a resistência diminui com um aumento na temperatura (termistor NTC). Quando a resistência aumenta com um aumento na temperatura, o resultado é um coeficiente positivo da temperatura (termistor PTC). A maioria dos metais têm um coeficiente positivo de temperatura.

Calculando β obtemos uma média de $\beta = -3276.40K$, o que é um valor satisfatório pois os valores de β estão entre 3000-5000K.

Tabela I
RESULTADOS EXPERIMENTAIS

β	-3276.40K
R_0	5.73 Ω
T_0	25°C

I. GRÁFICO DO TERMISTOR NTC

Os tipos de termistores são classificados em função do sinal do coeficiente de temperatura α ou β . Com coeficiente positivo, o termistor será do tipo PTC e a variação da resistência será positiva, aumentando com o aumento da temperatura. Se o coeficiente for negativo, o termistor será do tipo NTC e a variação da resistência será negativa, diminuindo com o aumento da temperatura, como visto na Fig.1.

Na prática, para faixas maiores de variação de temperatura, a equação de Steinhart-Hart apresenta uma grande precisão para a curva do termistor. Essa equação é apresentada abaixo.

$$\frac{1}{T} = A + B \ln(R) + C [\ln(R)]^3 \quad (1)$$

Onde os valores de A , B e C devem ser especificados para cada dispositivo, "T" é a temperatura em graus Kelvin(K) e R a resistência em Ohm(Ω).

Para o gráfico, foi utilizada a temperatura variando conforme a formula abaixo:

$$T(R) = T_0 + \frac{I^2 R}{K} \quad (2)$$

onde, $T_0 = 25^\circ C = 298.15K$ e $K = 0.03 \text{ W}^\circ C$. Sendo que a Corrente(I) e a Resistência(R) variam de acordo com os dados experimentais. Assim, através do método dos mínimos quadrados, foi possível encontrar os coeficientes A , B e C da Eq. (1). Os valores podem ser visualizados a seguir.

$$A = 3.12383892 \times 10^{-3}$$

$$B = 2.15826301 \times 10^{-4}$$

$$C = -3.01241904 \times 10^{-5}$$

Assim, com as temperaturas calculadas para cada valor de R conhecido, se torna possível extrair o β do termistor utilizado. Para isso, basta resolver a seguinte equação:

$$\beta = \frac{\ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)}{\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right)} \quad (3)$$

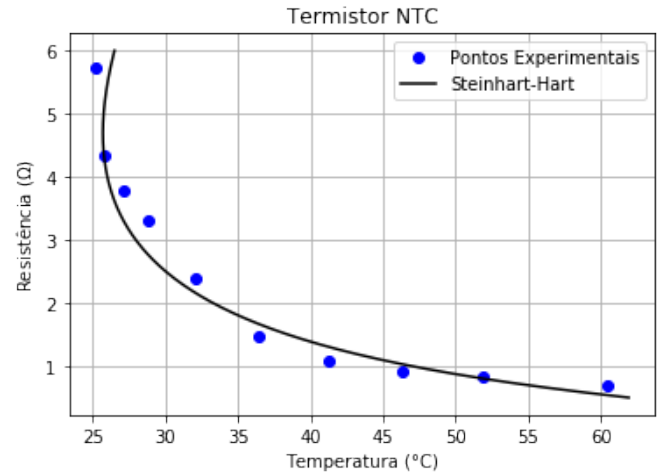


Figura 1. Curva Steinhart-Hart da Resistência(Ω) \times Temperatura ($^\circ C$)

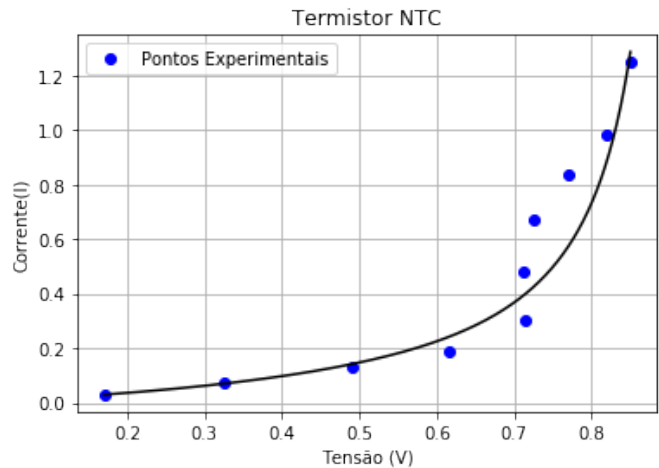


Figura 2. Curva Steinhart-Hart da Corrente(I) \times Tensão (V)

II. PESQUISA

A. Velocidade de fluxo

Para medir a velocidade de um fluxo utilizando um termistor PTC, pode-se adotar algumas metodologias e modelos que sintetizam esse processo. O sensor do termistor a ser utilizado deverá estar no modo de auto-aquecimento. A energia fornecida pelo campo elétrico aquecerá o sensor, considerando que a transferência de calor dentro do sensor é de natureza condutora à superfície.

Para dar início ao processo, o gás em movimento recolhe o calor da superfície do sensor, que é principalmente de natureza convectiva (um diagrama esquemático de uma sonda de sensor eletricamente aquecida colocada dentro de um tubo através do qual um gás está fluindo é mostrado na Fig. 3). Na faixa de vazão que estamos lidando, o fluxo de gás é geralmente laminar. Em áreas mais próximas ao sensor, pode haver um certo nível de turbulências ou imprecisões.

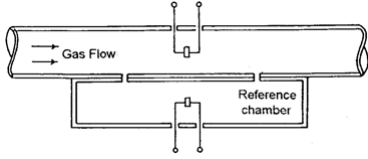


Figura 3. Estrutura esquemática de um sensor de fluxo baseada em PTC

É considerado que a transferência de calor convectiva para o gás é proporcional à taxa de fluxo de gás e também à diferença de temperatura entre a sonda e a atmosfera de gás. Se F_v representa a velocidade de fluxo, T_v a temperatura do gás e $T > T_v$ seja a temperatura da sonda, a taxa de transferência de calor P_{th} da sonda para o gás é dada por:

$$P_{th} = (k' + k'' F_v^\eta)(T - T_v) \quad (4)$$

onde n , k' e k'' são constantes que dependem de fatores geométricos e da natureza do gás utilizado. A energia elétrica, ou potência, consumida pela sonda é calculada pelo produto da voltagem V_a com a corrente I que passa por ela. Ou seja:

$$P = V_a I \quad (5)$$

Assumindo pelo balanço energético que as potências elétrica P e térmica P_{th} são iguais, pelas equações (4) e (5) nós temos:

$$V_a I = (k' + k'' F_v^\eta)(T - T_v) \quad (6)$$

Para uma sonda termistor, a resistência R depende de sua temperatura T . Assim,

$$\frac{V_a}{I} = R \quad (7)$$

Se as grandezas k' , k'' e η são conhecidas, assim como a temperatura T_v do gás, se torna possível calcular a velocidade do fluxo F_v , a voltagem V_a e corrente I pelas equações (6) e (7) sem determinar explicitamente a temperatura da sonda. A maioria dos medidores de fluxo baseiam-se neste princípio. Para um termistor PTC operando próximo a T_c , $R(T_v)$ aumenta sobre diversas décadas para pequenas mudanças em T_v . Se uma tensão adequada V_a é aplicada através de uma sonda

com uma característica idealizada (agindo como isolante para temperaturas acima de T_c e como condutor para temperaturas abaixo dela, com uma mudança de passo em T_c), esta sonda irá se estabilizar a uma temperatura constante $T = T_c$. Para uma situação normal, a partir da mudança drástica na resistividade dentro de um curto espaço de tempo, a amplitude da temperatura não é abrupta, mas gradual. A temperatura na qual o termistor equilibra (T_s) será ligeiramente menor que T_c e, portanto, a temperatura de equilíbrio será:

$$T = T_s \quad (8)$$

Sendo que T é sempre independente das condições de resfriamento estabelecidas em torno da sonda. Nesse caso, através das equações (6) e (8), obtemos a seguinte equação:

$$F_v = \frac{I}{k''} \left[\frac{V_a}{(T_s - T_v)} - k' \right]^{\frac{1}{\eta}} \quad (9)$$

Nessa expressão, k' , k'' , η , V_a , e T_c são constantes e a temperatura do gás T_v também pode ser considerada constante. Então, apenas a mudança no valor da corrente I deve ser medida para saber a mudança no volume do fluxo volumétrico F_v , como mostrado na equação (9).

Se dois termistores são usados para compensar a variação na temperatura do gás, sendo o segundo termistor posicionado numa câmara acoplada com o tubo por um pequeno orifício, por onde o gás não flui (exceto por convecção livre) e colocando-os em dois braços do mesmo circuito de ponte de Wheatstone, eles vão experimentar a mesma tensão V_a . Dessa forma, a corrente que flui através do termistor de medição é expressa como:

$$I = \frac{1}{V} (k' + k'' F_v^\eta)(T_c - T_v) \quad (10)$$

e a corrente através do termistor de compensação é:

$$I_c = \frac{1}{V} k' (T_c - T_v) \quad (11)$$

Com I_s dado pela equação (10) e I_c dado pela equação (11), temos que:

$$\frac{(I_s - I_c)}{I_s} = \frac{k''}{k'} F_v^\eta \quad (12)$$

Dessa forma:

$$F_v = \frac{k'}{k''} \left[\frac{(I_s - I_c)}{I_s} \right]^{1/\eta} \quad (13)$$

Assim sendo, a taxa de fluxo F_v é independente de T_v e pode ser simplesmente calculada a partir das grandezas conhecidas k' , k'' e das correntes I_s e I_c medidas. Em um circuito de ponte, como a tensão de saída V_a é proporcional a $(I_s - I_c)$, a taxa de vazão F_v pode ser calibrada com a tensão de saída V_a .

No método de medição AC, uma tensão igual ao valor de tensão V é aplicado para gerar uma diferença de potencial no termistor em sua temperatura de estado estacionário e uma ponte de Wheatstone AC é utilizada para a medição do ponto de funcionamento. A saída AC é alimentada por um filtro de banda de frequência de 1 KHz, com largura de banda estreita. A saída filtrada é retificada e ajustada para obter um valor consideravelmente silencioso e estável na saída.