

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA CENTRO
TECNOLÓGICO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E
ELETRÔNICA
EEL7051 - Materiais Elétricos

**Projeto Prático de Materiais Elétricos:
Termopares**

Equipe:
Elemento 1
Elemento 2
Elemento 3

Lista de Figuras

1	Termopar Tipo K	3
2	Utilização do Termopar tipo K	3
3	Efeito Seebeck	4
4	Efeito Seebeck para dois condutores diferentes	4
5	Funcionamento do Efeito Peltier	5

Conteúdo

1	Introdução Teórica	3
1.1	Utilização	3
1.2	Efeito Seebeck	4
1.3	Efeito Peltier	5
1.4	Efeito Thompson	5
2	Aplicações	6
3	Potência Termoelétrica	6
4	Leis Termoelétricas	6
5	Simulações	6
6	Conclusão	6
7	Referências	6

1 Introdução Teórica

Termopares são dispositivos formados pela junção de dois materiais condutores ou, por vezes, semicondutores, distintos, unidos em uma extremidade e sensíveis à variação de temperatura, expressando esta sensibilidade através de uma diferença de potencial. Possuem larga utilização industrial e em sistemas de instrumentação para aferição de temperatura, sendo o mais conhecido método para este tipo de medição.

Um termopar é também conhecido por sua versatilidade como sensor de temperatura, portanto, normalmente são utilizados em uma ampla gama de aplicações - desde um termopar de uso industrial à um termopar regularmente encontrado em utilitários e aparelhos regulares. Devido à sua vasta gama de modelos e especificações técnicas, é extremamente importante entender a sua estrutura básica, como um termopar funciona, suas escalas para melhor determinar qual é o tipo certo e material do termopar para sua aplicação.



Figura 1: Termopar Tipo K

1.1 Utilização

Ao ser aplicada uma diferença de temperatura entre a junção de metais e as extremidades livres, haverá a geração de uma diferença de potencial da ordem de mV (milivolts) entre estas extremidades, da qual pode ser medida por um sistema de aquisição, utilizando-se comumente um multímetro como pode ser observado no esquemático da Figura 2.

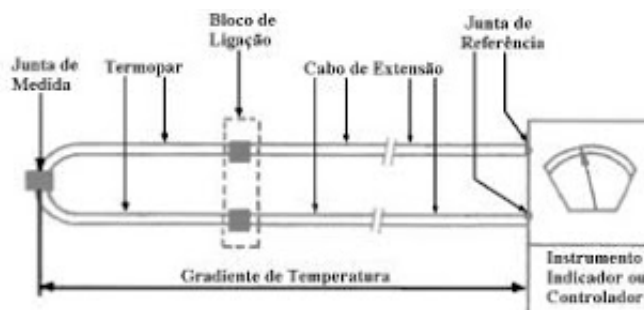


Figura 2: Utilização do Termopar tipo K

1.2 Efeito Seebeck

O princípio termoelétrico dos termopares deriva de uma propriedade física dos condutores metálicos, que quando submetidos a um gradiente térmico em suas extremidades: a extremidade mais quente faz com que os elétrons dessa região tenham maior energia cinética e se acumulem no lado mais frio, gerando uma diferença de potencial elétrico entre as extremidades do condutor na ordem de alguns milivolts, como está representado na Figura 3.

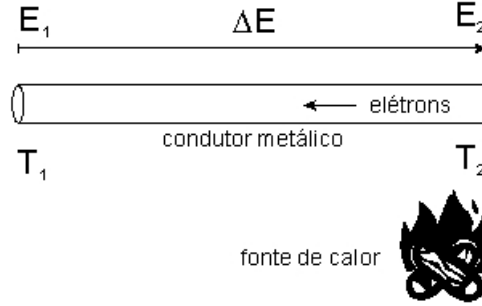


Figura 3: Efeito Seebeck

Podemos relacionar a temperatura com a força eletromotriz ΔE medido pelo coeficiente termodinâmico de Seebeck, representado na Equação 1.

$$S = \frac{\Delta E}{\Delta T} \quad (1)$$

Quando dois condutores metálicos de natureza diferente são acoplados, na presença um gradiente de temperatura, os elétrons de um metal tendem a migrar de um condutor para outro, gerando uma diferença de potencial entre suas extremidades livres, como representado na Figura 4, de acordo com com seus coeficientes S , temos que a diferença de potencia gerada por essa diferença segue a Equação 2.

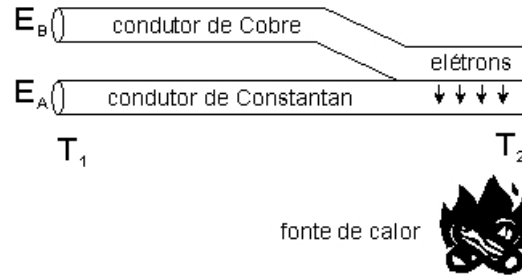


Figura 4: Efeito Seebeck para dois condutores diferentes

$$E = \int_{T_1}^{T_2} (S_B(T) - S_A(T)) dT \quad (2)$$

Aproximando linearmente, para uma região de temperatura onde os coeficientes possam ser considerados contantes podemos chegar na seguinte simplificação.

$$E = (S_B - S_A) \cdot (T_2 - T_1) \quad (3)$$

Podemos inclusive aplicando a equação 4, para assim determinar densidade termoelétrica do material.

$$J = \sigma(-\Delta V + E) \quad (4)$$

Onde J é a densidade termoelétrica do material e σ a condutividade do meio.

1.3 Efeito Peltier

O efeito Peltier se comporta de forma inversa ao efeito Seebeck, pois este efeito consiste na produção de um gradiente de temperatura na junção de dois condutores de materiais diferentes quando submetidos a uma tensão elétrica em circuito fechado, como pode ser observado na Figura 5 .

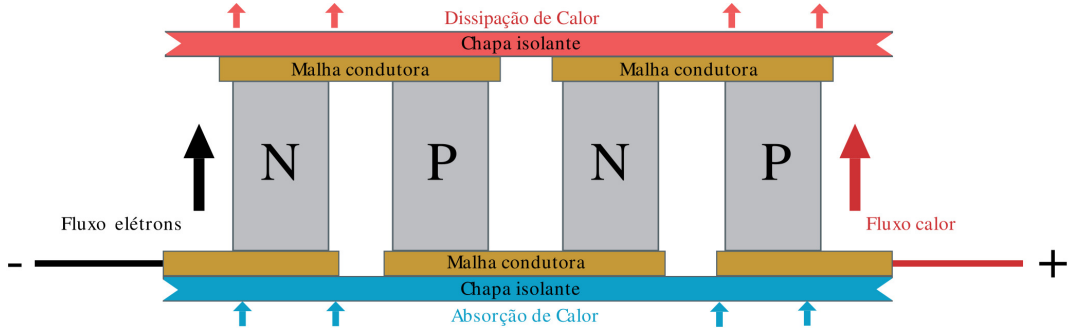


Figura 5: Funcionamento do Efeito Peltier

A energia térmica do sistema é proporcional à corrente elétrica que percorre o sistema, sendo possível assim definir o calor associado pelo efeito pela Equação 5.

$$Q_p = \Pi \cdot I \quad (5)$$

Onde Q_p é o calor associado, Π o coeficiente de Peltier, e I a corrente elétrica gerada pelo sistema. O coeficiente de Peltier está relacionado com o coeficiente de Seebeck pela Equação 6 e pela Equação 7.

$$\Pi = T \frac{S}{q} \quad (6)$$

$$Q_p = S \cdot I \cdot T \quad (7)$$

1.4 Efeito Thompson

O efeito Thompson, descreve a capacidade de uma corrente elétrica passando em um material no qual existe um gradiente de temperatura leva à produção de calor neste material, que atua em conjunto com o Efeito Joule, temos na Equação 8 o calor produzido por unidade de volume gerado por uma densidade de corrente \vec{J} .

$$Q = \rho J^2 - \mu_{Th} \vec{J} \cdot \nabla_r T \quad (8)$$

Onde ρ é a resistividade do condutor e μ_{Th} o coeficiente de Thompson, podemos identificar a componente do Efeito Joule descrito por ρJ^2 e o segundo termo, o efeito Thompson que muda de sinal dependendo da direção de \vec{J} sendo descritos como efeito positivo/negativo de Thompson para cada situação. E também vale ressaltar que o coeficiente de Thompson está relacionado com o coeficiente termo-elétrico(S) pela Equação 9.

$$S = q \int_0^T \frac{\mu_{Th}}{T} dT \quad (9)$$

2 Aplicações

gráficos equações—

3 Potência Termoelétrica

equações e gráficos ——

4 Leis Termoelétricas

Relações eletromagnéticas

5 Simulações

Simulações em Python —

6 Conclusão

7 Referências