

Conversor Termoelétrico

Gonçalo Quinta nº 65680, Fernando Rodrigues nº66326, Teresa Jorge nº65722 e Vera Patrício nº65726

*Laboratório de Complementos de Electromagnetismo e Termodinâmica
Mestrado Integrado em Engenharia Física Tecnológica 2009/2010
Instituto Superior Técnico (IST)*

(Dated: 24 de Março de 2010)

Foi estudado o funcionamento de um conversor termoelectrico baseado na célula de Peltier em dois regimes. No primeiro, em que a tensão gerada pela célula é aplicada a uma resistência que aquece, foi determinado que uma resistência de STAU maximiza essa conversão. O rendimento obtido nesse processo foi de STAU. O rendimento corrigido, tendo em conta as perdas termoelectricas do sistema, foi de STAU. A resistência térmica do sistema obtida foi de STAU. A mesma célula, funcionando como bomba de calor, tem uma potência de arrefecimento de STAU e uma eficiência de STAUTAU.

I. INTRODUÇÃO

A célula de Peltier é um aparelho que funciona com base em efeitos termoelétricos, cujo propósito consiste em converter directamente diferenças de temperatura nas extremidades da célula em voltagem eléctrica, e vice-versa. Numa escala atómica, a aplicação de um gradiente de temperatura nas extremidades de um condutor origina uma diferença de energias cinéticas das partículas entre as duas extremidades, nomeadamente das cargas eléctricas. Ligando esse condutor a um circuito, irá originar-se um fluxo de cargas da extremidade mais quente para a mais fria, criando uma pequena voltagem - efeito de Seebeck. Inversamente, ao aplicar-se uma diferença de potencial nas extremidades, irá haver uma maior discrepância nas barreiras de potencial nas junções dos condutores, correspondendo a uma maior e menor densidade de energias cinéticas das partículas nas extremidades, ou seja, numa diferença de temperaturas - efeito de Peltier. Estes dois efeitos não são independentes, já que qualquer um deles dá origem ao outro, e é precisamente deles e desta dualidade que a célula de Peltier faz uso principalmente, retirando calor da fonte quente para a fonte fria ou vice-versa.

É de notar que estes efeitos ocorrem única e exclusivamente na presença de 2 condutores diferentes, já que é na junção dos dois que existe uma quebra do fluxo de calor, ocorrendo pontos de aquecimento (onde se liberta calor) e de arrefecimento (onde entra calor). Assim, cada par de materiais tem um coeficiente específico para cada efeito. Um desses coeficientes denomina-se coeficiente de Peltier, e relaciona a densidade de energia J_W com a densidade de corrente J_c numa junção

$$\Pi \equiv \frac{J_W}{J_c} \quad (1)$$

O restante coeficiente, o de Seebeck, serve como uma medida de diferença de potencial $\Delta\phi$ originada devido a uma determinada diferença de temperaturas ΔT

$$S \equiv \frac{\Delta\phi}{\Delta T} \quad (2)$$

estando relacionado com o coeficiente de Peltier pela 2ª relação de Kelvin

$$\Pi = TS \quad (3)$$

onde T é a média das temperaturas absolutas nas junções.

Existe ainda um terceiro fenómeno termoelétrico relacionado com os anteriores mas que não será abordado na experiência. Esse é o efeito de Thomson que diz que qualquer corpo que conduza corrente eléctrica, quando a conduz, emite ou absorve calor, estando relacionado com os restantes fenómenos pela 1ª relação de Kelvin.

Os metais foram os primeiros materiais onde o efeito de Peltier foi verificado, sendo usados de hoje em dia semicondutores com elementos PN que conduzem a corrente eléctrica por electrões e lacunas, sendo este o caso célula de Peltier a usar no trabalho. Devido ao arranjo em série dos semicondutores é possível juntar todos os pontos de arrefecimento de um dos lados da célula e todos os de aquecimento do outro. Dependendo do sentido da corrente usado, a célula de Peltier pode bombear calor da fonte fria para a fonte quente ou da fonte quente para a fonte fria, sendo que esta experiência se focará na primeira funcionalidade, visto ser a razão principal do uso deste tipo de células.

Neste trabalho iremos utilizar a célula de Peltier como motor (a produzir trabalho eléctrico numa resistência) e como bomba de calor (a arrefecer a extremidade mais fria), razão pela qual calcularemos, entre outras quantidades, o rendimento η e eficiência ϵ dos mesmos, sendo estes dados respectivamente por

$$\eta = \frac{P_W}{P_E}, \quad \epsilon = \frac{P_Q}{P_W} \quad (4)$$

P_W - Potência utilizada para produzir trabalho útil na resistência
 P_E - Potência transferida para a célula

onde o rendimento será sujeito a um tratamento mais rigoroso, com certas correcções posteriores.

O rendimento de um motor é a razão entre a energia utilizada para produzir trabalho útil e a energia que lhe é fornecida. A eficiência de uma bomba de calor é a razão entre a energia retirada da fonte fria e a consumida para o conseguir.

II. EXPERIÊNCIA REALIZADA

Estudo do efeito de Seebeck – Conversão de diferença de temperatura em corrente eléctrica.

O sistema em causa está esquematizado na figura 1.

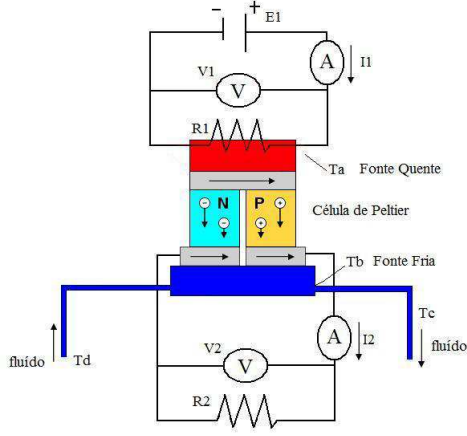


Figura 1. Esquema da montagem

- Resistência de carga óptima

Para se determinar esta grandeza, que corresponde à resistência para a qual se obtém um maior rendimento, são estudados os valores de corrente gerados pela célula no equilíbrio térmico com duas resistências (R2) diferentes, neste caso de 5 e 2 Ohm. O valor de resistência óptima é dado pela expressão:

$$R_{2o} = \frac{5 * I_{25} - 2 * I_{22}}{I_{22} - I_{25}} - 2R_a \quad (5)$$

- Rendimento

Usando o valor de resistência óptimo obtido anteriormente, vão ser aplicadas várias tensões na fonte (E1) e medidas as respostas do sistema – as temperaturas atingidas na fonte fria, fonte quente e na saída e entrada de refrigeração, assim como as tensões e correntes atingidas no circuito ligado a R2- após ter sido atingido o estado de equilíbrio. A partir destes valores é possível calcular a potência fornecida (P1), gerada pela célula de Peltier (P2) e da fonte fria (P3):

$$P1 = V1 * I1 \quad (6)$$

$$P2 = \frac{V2 * V2}{R2} \quad (7)$$

$$P3 = \frac{\Delta m}{\Delta t} (T_c - T_d) 4.18c \quad (8)$$

c - capacidade calorífica da água

A partir destes valores é possível calcular o rendimento da célula, que corresponde ao quociente entre a potência gerada

pela célula (P2) e a potência fornecida ao sistema (P1). No entanto, há que ter em conta que o sistema sofre perdas de calor, pelo que uma melhor medida da potência útil fornecida ao sistema será a soma da potência dissipada em R2 e retirada pela água, o que permite calcular um rendimento corrigido:

$$\eta_{corrigido} = \frac{P2}{P2 + P3} \quad (9)$$

- Resistência Térmica

Para determinar a resistência térmica da célula – uma medida da dissipação de energia entre as duas faces da célula – é medida a diferença de temperatura entre a fonte fria e fonte quente após se ter atingido o equilíbrio térmico, mas sem o efeito de peltier estar presente. A resistência térmica é dada por

$$R_t = \frac{T_A - T_B}{P3} \quad (10)$$

Estudo do efeito de Peltier - Bomba de calor

A figura 2 esquematiza o circuito usado.

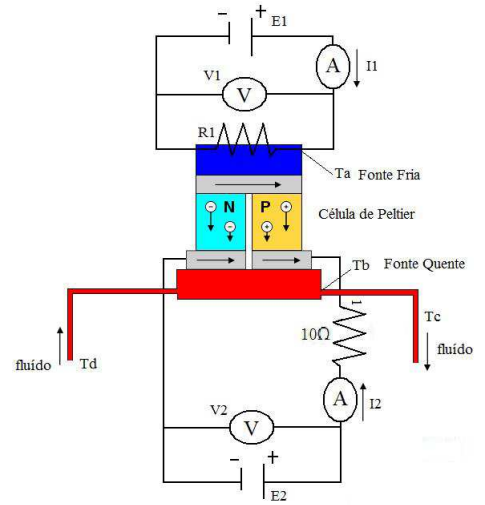


Figura 2. Esquema da montagem - Bomba de calor

- Potência de Refrigeração

Fornecendo corrente a ambos os circuitos, de modo a que Ta estabilize, a potência de refrigeração corresponderá à potência P1 (numero da eq) anteriormente referida, já que será correspondente ao simétrico da potência retirada pela célula (uma vez que a temperatura está estabilizada).

- Eficiência

$$Eficiencia = \frac{P3}{V2 * I2} \quad (11)$$

III. RESULTADOS

IV. CONCLUSÃO E CRÍTICAS

Conclusões espantosas e críticas maravilhosas

Tabela I. Determinação da Resistência Ótima

| R2 (Ω) | $e_{R2}(\Omega)$ | I2 (mA) | $e_{I2}(\text{mA})$ | V_a^a (mV) | e_{V_a} (mV) |
|-----------------|------------------|---------|---------------------|--------------|----------------|
| 5 | 0,25 | 55,2 | 0,1 | 27,2 | 0,1 |
| 2 | 0,10 | 79,5 | 0,1 | 18,9 | 0,1 |

^a Tensão do amperímetro para o cálculo da sua resistência interna

[1] http://en.wikipedia.org/wiki/Thermoelectric_cooling
 [2] http://en.wikipedia.org/wiki/Thermoelectric_effect
 #Thomson_effect

[3] http://pt.wikipedia.org/wiki/Efeito_Peltier
 [4] http://pt.wikipedia.org/wiki/Efeito_Seebeck