

Optimisation d'un dispositif de refroidissement à effet Peltier

Guillaume DUSSINE



Introduction

- De nombreux avantages
- Mais une performance décriée
- Comment optimiser l'usage des Peltier pour tirer profit de leurs avantages en minimisant leurs limites ?

Sommaire

I. Analyse théorique

I.1. Principes généraux du module Peltier

I.2. Modélisation

II. Analyse empirique et tentative d'optimisation

II.1. Expérimentations

II.2. Bilan et comparaison avec le modèle théorique

I. Analyse théorique : principes généraux

- La découverte de J.C. Peltier (1834)
- Le principe du module Peltier
- Analyse microscopique
- Analyse macroscopique

I. Analyse théorique : modélisation

On a : $Q_c = NK \Delta T$

$$Q_p = N I \times T_f (\varepsilon_n - \varepsilon_p)$$

$$Q_j = \frac{NRI^2}{2}$$

$$Q_f = N \left(I \times T_f (\varepsilon_n - \varepsilon_p) - \frac{RI^2}{2} - K \Delta T \right)$$

$$W = |Q_c - Q_f| = N \left(I \Delta T (\varepsilon_n - \varepsilon_p) + RI^2 \right)$$

$$CoP = \frac{Q_f}{W} \quad (\text{Ioffe, 1960})$$

Analyse empirique: manipulations

- **Un module Peltier** de type TEC1-12706 relié à un générateur de courant continu et à 2 sondes permettant de mesurer la température sur chaque face.
- **Une puissance thermique** évaluée par la variation de température (en kelvin et pour un temps donné) et comparée à la puissance électrique sous différentes conditions :
 1. **Variation de l'intensité du courant.**
 2. **Variation du nombre de cellules.**
 3. **Variation des caractéristiques du module** (R , K et ε) et en particulier de sa conductance thermique (K)
 4. **Variation de la température**

II. Analyse empirique : bilan...

Intensité	0.085 A	0.110 A	0.180 A
COP (1 module Peltier)	0,02034	0,02327	0,02034
COP (2 modules Peltier)	0,10752	0,10324	0,10185
COP (Peltier avec radiateur)	0,09224	0,09712	0,09158
COP (Peltier avec radiateur et eau)	0,20926	0,21750	0,26971

II. Analyse empirique : bilan et optimisation

- **Confrontation du modèle aux observations** : l'impact du nombre de cellules sur la capacité de refroidissement et le COP.
- **Evolution du COP** peu liée à l'intensité mais plus sensible à la différence de température.
- **Optimisation possible** du refroidissement en faisant varier à la fois l'intensité du courant, la température et la conductance thermique.
- **Piste de recherche possible** sur la nature des matériaux utilisés.

Conclusion

- **Un refroidissement qui peut être optimisé** sous conditions
- **De nouvelles voies de recherche** : matériaux nanostructurés (Bruyng et alii, 2014)
- **Une réversibilité** intéressante : effet Thomson et Seebeck
- **Un intérêt en climatisation** : ventilation double flux permettant de profiter des écarts naturels de chaleur entre l'extérieur et l'intérieur d'un habitat..

Sources

- **Bruyng-Jin C., Kim S.J et We J.H, (2014)**, “A wearable thermoelectric generator fabricated on a glass fabric”, *Energy Environmental Sciences*, n°7, pp.1959-1965
- **Hebert S., (2014)**, « La recherche de nouveaux matériaux thermoélectriques », *Reflets de la Physique*, n°41, pp.18-23.
- **Gou X, Yang S., Xiao H. et Ou Q., (2013)**, “A dynamic model for thermoelectric generator applied in waste heat recovery,” *Energy*, vol. 52, pp. 201–209, Apr. 2013.
- **Ioffe A.F. (1960)**, *Physics of Semiconductors*, Londres.
- **Shakouri A., (2011)**, Recent Developments in Semiconductor Thermoelectric Physics and Materials, *Annual Review of Materials Research*, vol.41, pp.1-448
- **Yeweon K. (2013)**, *Etude d'une pompe à chaleur thermoélectrique innovante basée sur une conception intégrée et la technique du jet impactant*. Thèse soutenue le 19 avril 2013 à l'Université de Grenoble.



MERCI.