

Thermo-générateur à semi-conducteurs



Physique

Thermodynamique

Énergie thermique

Physique

Électricité et magnétisme

Le courant électrique et ses effets

science appliquée

Ingénierie

Électrotechnique

Propriétés de composants électriques

science appliquée

Ingénierie

Énergies renouvelables

Chaleur



Niveau de difficulté

dur



Taille du groupe

-



Temps de préparation

45+ minutes



Temps d'exécution

45+ minutes

PHYWE
excellence in science

Informations générales

Application

PHYWE
excellence in science

Fig. 1 : Montage expérimental pour la mesure de la tension à vide et du courant de court-circuit en fonction de la différence de température.

Les semi-conducteurs sont largement utilisés comme détecteurs. À ce titre, ils ont des applications industrielles dans les caméras.

Autres informations (1/2)

PHYWE
excellence in science

Priorité

connaissances



Principal

principe

Les connaissances préalables à cette expérience se trouvent dans la section Théorie.

Dans un thermogénérateur à semi-conducteurs, la tension à vide et le courant de court-circuit sont mesurés en fonction de la différence de température. La résistance interne, le coefficient Seebeck et le rendement sont déterminés.

Autres informations (2/2)

PHYWE
excellence in science

Apprentissage

Objectif



Tâches

Le but de cette expérience est d'étudier l'effet Seebeck.

1. Pour mesurer la tension à vide U_o et le courant de court-circuit I_s à différentes différences de température et de déterminer le coefficient Seebeck.
2. Mesurer le courant et la tension à une différence de température constante mais avec des résistances de charge différentes, et déterminer la résistance interne. R_i à partir des valeurs mesurées.
3. Déterminer l'efficacité de la conversion énergétique, à partir de la quantité de chaleur consommée et de l'énergie électrique produite par unité de temps.

Théorie

Si une chute de température est créée le long d'une branche sans courant d'un conducteur composé de différents matériaux, la chaleur circule de la zone la plus chaude vers la zone la plus froide. Les porteurs de charge qui participent à ce transfert de chaleur sont répartis de manière inégale le long du conducteur. Il se crée un champ interne, dont on peut montrer qu'il est égal à la f.é.m. U_o aux extrémités ouvertes du conducteur (effet Seebeck).

Le niveau de tension dépend de la différence de température et des matériaux utilisés. En première approximation, la tension peut s'écrire :

$$U_o = \alpha_{1,2}(T_h - T_c) = \alpha_{1,2}\Delta T$$

où $\alpha_{1,2}$ est le coefficient Seebeck de la combinaison des matériaux utilisés, T_h est la température du côté chaud et T_c la température du côté froid.

Equipement

Position	Matériel	No. d'article	Quantité
1	Thermo-générateur avec 2 bains d'eau	04366-00	1
2	échangeur de chaleur de fluides	04366-01	2
3	Pate thermo-conductrice, 60 g	03747-00	1
4	Boîte de Connexion	06000-00	1
5	Résistance à glissière 33 ohms, 160 W	06112-03	1
6	Multimètre digital 3 1/2 digit avec thermocouple NiCr-Ni	07122-00	2
7	Chronomètre numérique, 24 h / 0,01 s / 1 s	24025-00	1
8	Thermostat à immersion Alpha A, 100°C, 230 V	08493-93	1
9	Kit de thermostatisation externe pour thermostat Alpha A	08493-02	1
10	Cuve pour thermostat, en macrolon, 6 l	08487-02	1
11	Thermomètre de laboratoire, -10...+110°C	38056-00	1
12	Thermomètre -10...+50°C	38034-00	1
13	Résistance 2 ohm 5%, 2w, G1	06055-20	1
14	Résistance 1 Ohm (2%), 2 W, boîtier G1	06055-10	1
15	Résistance 5 ohm 5%, 2w, G1	06055-50	1
16	Résistance 10 Ohm 2%, 2W, G1	06056-10	1
17	Tube caoutchouc, d.i. 6mm	39282-00	4
18	Fil de connexion, 32 A, 500 mm, rouge	07361-01	3
19	Fil de connexion, 32 A, 500 mm, bleu	07361-04	2
20	Raccord pour tuyau , diamètre 6-10mm	47516-01	2



Configuration et procédure

Procédure

- Fixez des échangeurs de chaleur à flux sur chaque côté du thermogénérateur. Remplir le côté froid avec de l'eau du robinet et régler la température du côté chaud sur le thermostat. Les deux températures sont mesurées à l'aide des trous prévus à cet effet dans le thermogénérateur. Le courant de court-circuit et la tension à vide sont mesurés directement, sans tenir compte de la résistance interne de l'appareil de mesure.

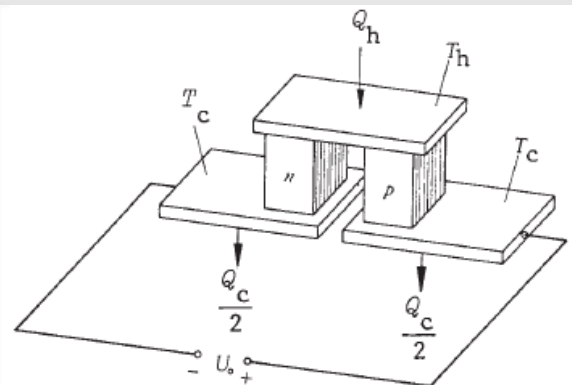


Fig. 2 : Construction d'un élément Seebeck semi-conducteur. Plusieurs éléments sont généralement connectés électriquement en série et thermiquement en parallèle.

Procédure (partie 2)

- Raccorder le rhéostat R_{ext} au thermogénérateur à une différence de température moyenne constante. Mesurez le courant et la tension à différents réglages et reportez les résultats sur un graphique.
- Retirer l'échangeur de chaleur qui était relié au thermostat et le remplacer par un bain-marie rempli d'eau bouillante. Mesurez la température du côté chaud $T_h = f(t)$ et du côté froid $T_c = f(t)$ en fonction du temps. Mesurer le courant et la tension aux bornes d'une résistance externe ayant approximativement la même valeur que la résistance interne.



L'évaluation

Tâche 1

Application de l'expression de régression $U_o = a + b\Delta T$

aux valeurs mesurées dans la figure 3, nous obtenons

$$b = 0.0587 \frac{\text{V}}{\text{K}}$$

avec l'erreur standard $s_b = 0.0006 \frac{\text{V}}{\text{K}}$

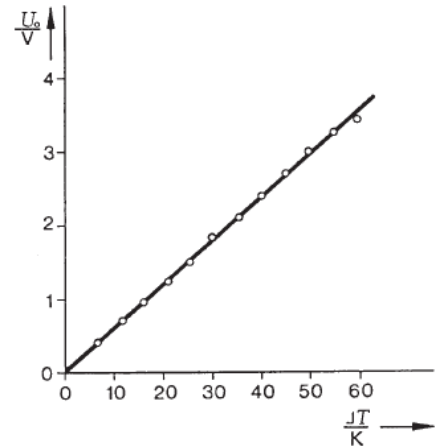


Fig. 3 : Tension à vide en fonction de la différence de température.

Tâche 1 (partie 2)

Le thermogénérateur se compose de 142 éléments connectés en série. Le coefficient Seebeck de la combinaison de semi-conducteurs utilisée est donc de

$$\alpha_{1,2} = 4.13 \cdot 10^{-4} \frac{\text{V}}{\text{K}}$$

avec l'erreur standard

$$s_{\alpha_{1,2}} = 4.04 \cdot 10^{-4} \frac{\text{V}}{\text{K}}$$

Comme le court-circuit augmente aussi linéairement avec la température, la résistance interne du thermogénérateur est constante dans la plage de température considérée.

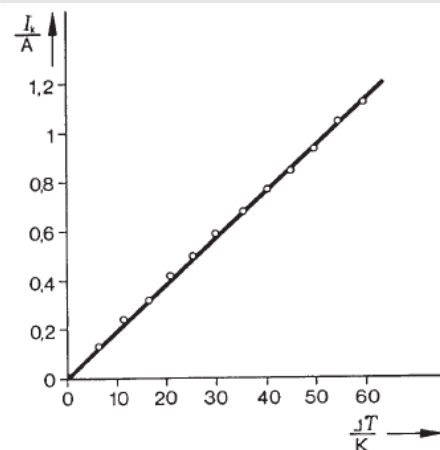


Fig. 4 : Courant de court-circuit en fonction de la différence de température.

Tâche 2

Application de l'expression de régression $U = a + bI$ aux valeurs mesurées de la figure 5, nous obtenons

$$a = U_o = 2.34 \text{ V } s_a = s_{U_o} = 0.01 \text{ V}$$

$$\text{et } |b| = R_i = 2.80 \text{ } \Omega \text{ } s_b = s_{R_i} = 0.02 \text{ } \Omega$$

et le courant de court-circuit $I_s = \frac{U_o}{R_i} = 0.84 \text{ A}$ avec $s_{I_s} = 0.01 \text{ A}$

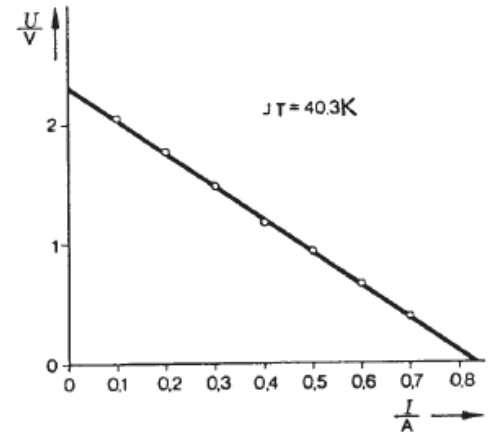


Fig. 5 : Tension aux bornes en fonction de l'intensité du courant pour une différence de température constante.

Tâche 3

La figure 6 permet de déterminer la pente de la courbe (descendante) en un point en traçant une tangente ou par régression linéaire.

A une différence de température ΔT de 40 K, nous obtenons les résultats suivants pour les valeurs mesurées les plus proches, en utilisant l'expression de la régression $\Delta T = a + bt$:

$$b = \frac{d\Delta T}{dt} = -0.0361 \frac{\text{K}}{\text{s}}$$

Nous pouvons donc calculer la quantité de chaleur Q qui traverse le générateur en une unité de temps selon la formule suivante

$$\frac{dQ}{dt} = P_{th.} = C \cdot \left(\frac{d\Delta T}{dt} \right)$$

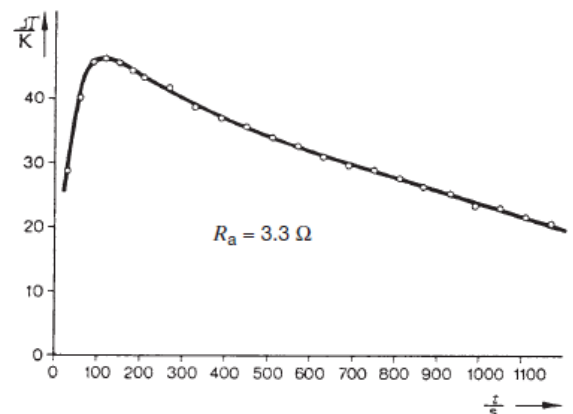


Fig. 6 : Différence de température en fonction du temps.

Tâche 3 (partie 2)

Comme la masse d'eau $m_w = 0.194 \text{ kg}$ et la capacité thermique spécifique de l'eau

$$c_w = 4182 \frac{\text{J}}{\text{K}} \text{ nous détenons } C = m_w \cdot c_w = 811 \frac{\text{J}}{\text{kg K}}$$

$$\text{de sorte que } P_{\text{th.}} = 29.3 \frac{\text{J}}{\text{s}}$$

La puissance électrique, mesurée à charge constante, P_{el} peut être obtenu à partir de la figure 7. Pour une différence de température $\Delta T = 40 \text{ K}$ nous obtenons

$$P_{\text{el.}} = 0.25 \text{ W de sorte que l'efficacité}$$

$$\eta = \frac{P_{\text{el.}}}{P_{\text{th.}}} = 0.009 \text{ or } 0.9\%$$

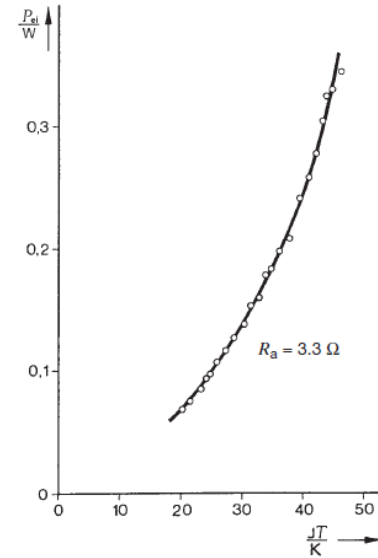


Fig. 7 :
Puissance
électrique
générée en
fonction de la
différence de
température.