

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ВНУТРІШНЬОГО ОПОРУ ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНИХ ГЕНЕРАТОРІВ

Дакус С.В., Криницький О.С.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, 76019

Ефективність термоелектричного генератора (ТЕГ) залежить від властивостей матеріалів які використанні під час його виготовлення, а також температурного градієнта. ТЕГ працює як тепловий двигун, його розміщують між джерелом тепла та радіатором і він перетворює частину тепла в електрику. ТЕГ мають переваги в порівнянні з традиційними тепловими двигунами: вони не мають рухомих частин, є надійними та безшумними пристроями з низькими або нульовими затратами на обслуговування і здатні працювати в широкому діапазоні температур. З іншого боку, їх висока вартість та низька ефективність поки що зменшують їх використання [1]. Проте для випадків переробки відходів тепла, де традиційний тепловий двигун не може бути використаний, використання ТЕГ є перспективним, так як їх ефективність не є великим недоліком, оскільки джерелом тепла є теплові відходи. Так зокрема виробники автомобілів такі як GM у США, BMW у Німеччині, впроваджують технології ТЕГ для відновлення тепла від двигуна автомобіля [2, 3].

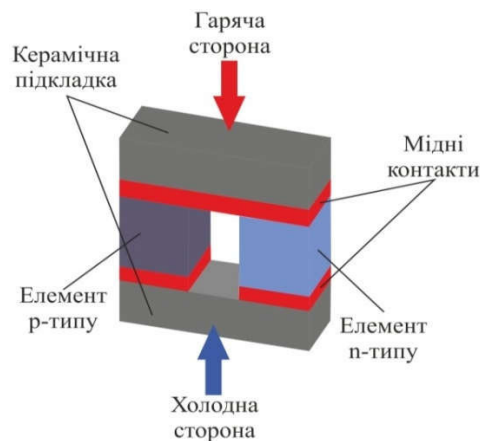


Рисунок 1 – Схематичне зображення одного робочого елемента ТЕГ

Виробництво електричної енергії термоелектричним модулем максимізується, коли його внутрішній опір рівний навантаженню яке підключено до нього. Електричний опір ТЕГ можна розрахувати теоретично із співвідношення

$$R = R_p + R_N = N \cdot \left[\left(\sigma_p \cdot \frac{S_p}{L_p} \right)^{-1} + \left(\sigma_N \cdot \frac{S_N}{L_N} \right)^{-1} \right] \quad (1)$$

де R_p, R_N – опір матеріалу віток n- або p-типу, N – кількість елементів, σ_p, σ_N – електрична провідність віток, S_p, S_N – площа поперечного перерізу віток, L_p, L_N – довжина одиничного елемента [4, 5]. Виробники готової продукції не завжди вказують дані параметри і дане співвідношення не враховує опору підвідних провідників якими з'єднані самі елементи, тому є необхідність у вимірюванні внутрішнього опору термоелектричного генератора.

Існує кілька методів вимірювання внутрішнього опору які можна застосувати для ТЕГ:

- *вимірювання внутрішнього опору методом постійного струму*

Метод реалізують наступним чином до ТЕГ приєднується навантаження на 10 секунд під час яких проводять вимірювання сили струму I_1 і напруги U_1 , далі розрядний струм збільшують на деяке значення I_2 і в продовж часу 3 секунди повинна бути виміряна напруга U_2 . Внутрішній опір можна розрахувати за співвідношенням

$$R = \frac{U_1 - U_2}{I_2 - I_1}. \quad (2)$$

Даний метод вимірювання можна спростити вимірявши напругу холостого ходу термоелектричного модуля $U_{x.x}$ а потім під'єднавши навантаження виміряти напругу U_n і силу струму I тоді внутрішній опір можна буде розрахувати за співвідношенням

$$R = \frac{(U_{x.x} - U_n)}{I}. \quad (3)$$

- *вимірювання внутрішнього опору методом змінного струму*

Метод реалізується так через ТЕГ пропускають змінний струм I малої амплітуди (10-20 мА) і вимірюють значення змінної напруги яке виникає U . Внутрішній опір можна розрахувати за співвідношенням

$$R = \frac{U}{I}. \quad (3)$$

Запропоновані методики дозволяють оцінити внутрішній опір ТЕГ з досить високою точністю і уникнути впливу на вимірювання ефекту Пельтьє.

1. Stevens, R. J., Weinstein, S. J., and Koppula, K. S. (2014). *Theoretical limits of thermoelectric power generation from exhaust gases. Applied Energy, 133:80–88.* 2. Yang jihui, R. Stabler Francis, *Automotive applications of thermoelectric materials, J. Electron. Mater. 38 (2009) 1245–1251.* 3. D.T. Crane, J.W. Lagrandeur, *Progress report on BSST Led US Department of Energy automotive waste heat recovery program, J. Electron. Mater. 39 (2010) 2142–2148.* 4 Wang, Y., Dai, C., and Wang, S. (2013). *Theoretical analysis of a thermoelectric generator using exhaust gas of vehicles as heat source. Applied Energy, 112:1171– 1180.* 5. G. Min and D. M. Rowe, “*Optimisation of thermoelectric module geometry for waste heat electric power generation*”, *Journal of Power Sources, Vol. 38, pages 253–259, 1992.*