

**PELTYE EFFEKTIGA ASOSLANGAN IKKI PALLALI TERMoeLEKTR GENERATOR
VA MIKROMODULLI SOVUTGICHLARNING MATEMATIK MODELI HAMDA
ULARNI OPTIMALLASHTIRISH**

Akramov B.O

*Oziq-ovqat texnologiyasi va muhandisligi xalqaro institute, Fargʻona, Oʻzbekiston
Respublikasi*

АКРАМОВ Б.О

*преподаватель, международного института пищевых технологий и
инженерии, г. Фергана, Республика Узбекистан.*

Akramov B.O

*Lecturer, International Institute of Food Technologies and Engineering, Fergana,
Republic of Uzbekistan.*

Annotatsiya. *Mazkur maqolada Pel'tye effektiga asoslangan mikromodulli sovutgichlar va ikki pallali termoelektr generator (TEG) tizimlarining matematik modeli ko'rib chiqiladi. Tadqiqotda Joule qonuni, Furye qonuni hamda termoelektrik juftliklarning issiq va sovuq tomonlari orasidagi harorat farqiga bog'liq elektr quvvat chiqishini ifodalovchi tenglamalardan foydalanilgan. Ikki pallali termoelektr generatorining matematik modeli tizim ish faoliyatini tahlil qilish, issiqlik va elektr uzatish jarayonlarini chuqur o'rganish hamda optimal konstruktiv va texnologik parametrlarni aniqlash imkonini beradi.*

Kalit so'zlar: *Pel'tye effekti, termoelektr generator (TEG), mikromodulli sovutgich, matematik modellashtirish, issiqlik uzatish, Joule qonuni.*

Abstract. *This paper considers the mathematical modeling of micromodular coolers and two-stage thermoelectric generator (TEG) systems based on the Peltier effect. The study employs equations derived from Joule's law, Fourier's law, as well as expressions describing the electrical power output as a function of the temperature difference between the hot and cold sides of thermoelectric couples. The mathematical model of the two-stage thermoelectric generator enables the analysis of system performance, a detailed investigation of heat and electrical transfer processes, and the determination of optimal structural and technological parameters.*

Key words: *Peltier effect, thermoelectric generator (TEG), micromodular cooler, mathematical modeling, heat transfer, Joule's law.*

Matematik modelda qo'llaniladigan boshqa tenglamalarga Joule qonuni tenglamasi, Furye qonuni tenglamasi va termoelektrik juftlikning issiq va sovuq tomonlari orasidagi harorat farqi bilan o'zgarib turadigan elektr quvvatining chiqishi tenglamasi kiradi. Ikki davrli termoelektr generatorining matematik modeli tizimning ishlashini tahlil qilish va optimallashtirish uchun muhim ahamiyatga ega bo'lib, u

termoelektrik juftlar soni, termoelektrik modullarning moddiy xususiyatlari, termoelektrik juftlar soni kabi optimal dizayn parametrlarini aniqlash uchun ishlatilishi mumkin va tizim ichidagi issiqlik uzatish tezligi.

Mikromodulli sovutgichlar elektron qurilmalarda issiqlikni issiq nuqtalardan uzoqlashtirish va qurilma haroratini xavfsiz darajada ushlab turish uchun ishlatiladigan issiqlik nasosining bir turi. Mikromodulli sovutgichlarning ishlashini boshqaradigan termodinamika tamoyillari Pel'tye effektiga tayanadi.

Pel'tye effekti - bu ikki xil metallarning birlashmasida ular orqali elektr toki o'tkazilganda harorat farqi paydo bo'ladigan hodisa. Ikki metallning birlashmasi sovuqroq bo'ladi, ikkinchisi esa issiqroq bo'ladi.

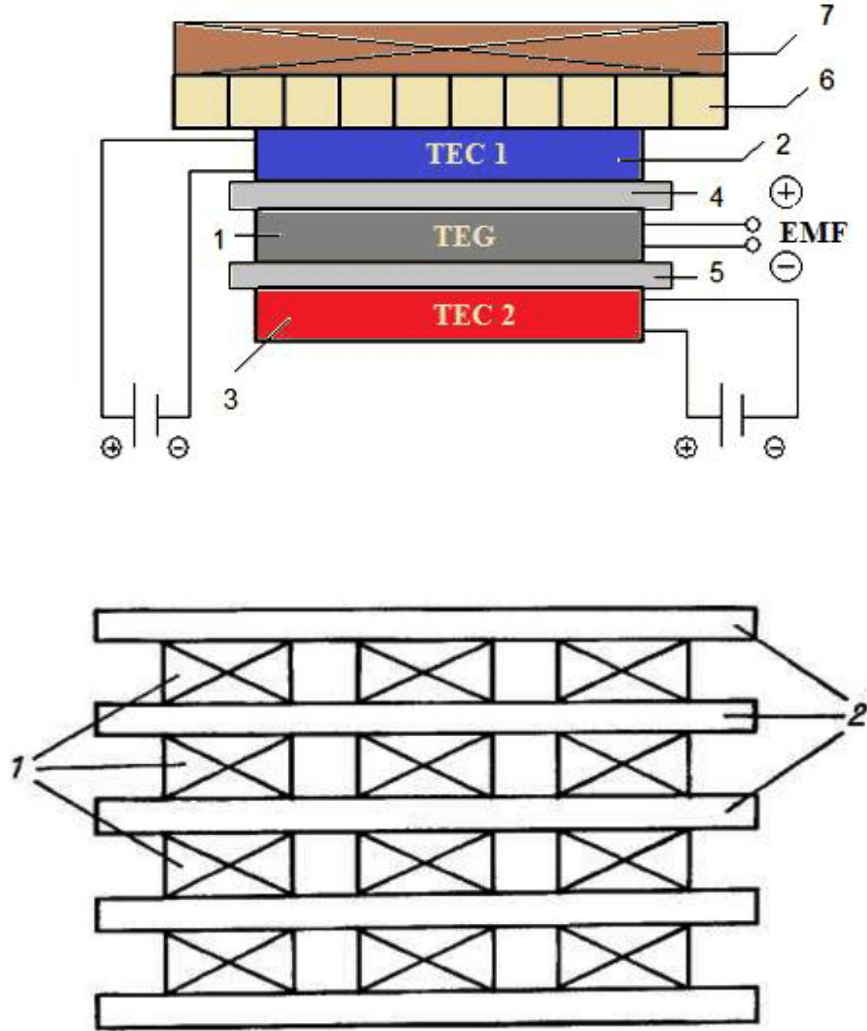
Mikromodulli sovutgichlar ushbu Pel'tye effekti asosida ishlaydi. Mikromodulli sovutgich yuqori sovutish qobiliyatini ta'minlash uchun bir-biriga elektr va termal bog'langan bir qator individual sovutish elementlaridan iborat. Issiqlik sovutgichning bir uchida so'riladi va boshqa uchida nurlanadi. Elektr energiyasi Pel'tye effektini qo'zg'atish uchun ishlatiladi, bu esa issiqlikning sovutgichning bir chetidan ikkinchisiga o'tishiga olib keladi.

Mikromodulli sovutgichlar Pel'tye effekti deb ataladigan termoelektrik effekt asosida ishlaydi, bu elektr toki termoelektrik material bilan ajratilgan ikki xil metall o'tkazgichdan o'tganda sodir bo'ladi. Pel'tye effekti o'tkazgichlarning birlashmasida harorat farqiga olib keladi. Metallarning bir birikmasi soviydi, ikkinchisi esa qiziydi.

Soddalashtirilgan matematik modellar asosida optimallashtirish hisob-kitoblarini amalga oshirgandan so'ng - elektr sxemasini tahlil qilish va elektr stantsiyasining asosiy parametrlarining o'zgarish diapazonini o'rganish – o'ziga xos sxema ko'rinishida elektron diagrammani amalga oshiradigan texnik echimlarni tanlash kerak. loyihalash va keyinchalik mavjud dastlabki ma'lumotlarning aniqligi (odatda 3-5%) uchun maksimal mumkin bo'lgan chiqish xususiyatlarini hisoblash. Buning uchun har bir strukturaviy elementda issiqlik va elektr uzatish jarayonlarini tavsiflovchi batafsil matematik modellar qo'llaniladi. Keling, konstruksiyasi kosmik elektr stansiyalari uchun asosiy talablarni qondiradigan ikki pallali TEG uchun bunday modelni ko'rib chiqaylik.

Ikki sovutish suvi sxemasi va sovutgich-radiatorli elektr stantsiyasining umumiy sxemasi 1-rasmda ko'rsatilgan. TEG asosiy va nasos bo'limlaridan iborat bo'lib, sovutish suvi harakatlanadigan issiqlik quvurlari o'rtasida joylashgan o'zboshimchalik bilan ichki tuzilishga ega termoelektrik batareyalar to'plamidir (1-rasm). Issiqlik manbai (yadro reaktori) avtomatik haroratni nazorat qilish tizimi bilan jihozlangan, generatoridan issiqlik sovutgich orqali aylanib yuruvchi sovutish pallasining sovutish suyuqligi bilan chiqariladi. Sovutish suyuqligi maxsus nasos orqali aylanadi, u generatorning nasos qismidan quvvatlanadi.

Har bir batareya guruhi isitish va sovutish davrlarining issiqlik quvurlari (qavat) yoʻnalishi boʻyicha. Sovutish suyuqligi taqsimoti har bir L qatorda a_{ij} ($j = 1, 2, \dots, L$ - qator raqami; $i = 1, 2, \dots, N$ qavat raqami) boʻyicha L qatorli batareyalardan iborat. Atrofdagi makonga issiqlik yoʻqotishlarini kamaytirish uchun N qavatlar soni teng boʻlishi uchun tanlanadi, shuning uchun eng tashqi issiqlik quvurlarida $i = 1$ va $i = N + 1$ boʻyicha sovutish aylanadi.



1-rasm. TEG dizayni. 1 - termoelektrik batareyalar; 2 - issiqlik quvurlari.

Issiqlik uzatuvchi qismning oʻrtacha harorati θ_{ij} bunda i -issiqlik oʻtkazgichidagi sovutish suvining oʻrtacha harorati energiya balans tenglamasidan aniqlanadi:

$$\theta_{ij} = T^* - \frac{v}{cg_i} \left\{ \sum_{k=1}^{j-1} [(aQ^*)_{ik} + (aQ^*)_{i-1,k}] + \frac{1}{2} [(aQ^*)_{ik} + (aQ^*)_{i-1,j}] \right\},$$

$$i = 1, 2, \dots, N + 1; j = 1, 2, \dots, L,$$

bu yerda $T^* = T_{io}$, $Q^*_{ik} = Q_{ik}$, $v = 1$ issiq kontur uchun, $T^* = T_{so}$, $Q^*_{ik} = Q_{ik}$, $v = -1$ sovuq kontur uchun ;

Ikki davrli termoelektr generatorlar (TEG) va mikromodulli Pel'tye sovutgichlarning matematik modellari tahlili ularning fizik asoslari, energiya

almashinuvi jarayonlari va samaradorlikni oshirish mexanizmlarini chuqur anglash imkonini beradi. Ikki bosqichli TEG qurilmasida issiq manba va sovuq muhit o'rtasidagi harorat farqi Zeebek effekti orqali elektr energiyasiga aylantiriladi, bunda energiya balansi, Joule isroflari, issiqlik o'tkazuvchanlik va umumiy samaradorlikni tavsiflovchi tenglamalar generatorning optimal ishlashini baholashda asosiy ahamiyatga ega. Matematik model shuni ko'rsatadiki, termoelektrik juftliklarning materiali, soni, modullar geometriyasi va issiqlik uzatish sharoitlari ishlab chiqariladigan quvvat va samaradorlikni belgilovchi eng muhim parametrlar hisoblanadi.

ADABIYOTLAR:

1. Чернова А. А., Богданов Е. Г. – “Термоэлектрические охлаждающие устройства” (‘Молодой ученый’, 2020)
2. Многокомпонентный полупроводниковый термоэлектрический холодильник (Сычик В.А. и др., БНТУ, 2018)
3. Otto M. et al. FIZIKA FANINI O'QITISHDA ZAMONAVIY TEXNIKALARDAN FOYDALANISH VA ZAMONAVIY TEXNIKA QURILMALARNI AMALIY O'RGANISH //QO 'QON UNIVERSITETI XABARNOMASI. – 2023. – T. 9. – S. 250-253.
4. Акромов Б. О. ВАЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЭНЕРГИИ И УСТРОЙСТВ //Экономика и социум. – 2024. – №. 5-1 (120). – С. 1066-1071.
5. Акромов В. О. МИКРОМОДУЛЬ SOVUTGICHLARINI SODDALASHTIRISHDA O 'RTACHA PARAMETRLAR USULIDAN FOYDALANISH //Экономика и социум. – 2024. – №. 11-1 (126). – С. 40-44.
6. Акромов В. О. МИКРОМОДУЛИ МУЗЛАТGICHLARNING TERMOELEKTRIK SOVUTISHIDA PEL'TYE EFFEKTI VA UNDA CdTe FOYDALANISHNI O 'RGANISH //PEDAGOG. – 2025. – T. 8. – №. 6. – С. 25-30.
7. Akramov B. O. SEMICONDUCTOR MATERIALS: CURRENT DEVELOPMENTS AND TECHNOLOGICAL ADVANCEMENTS //Экономика и социум. – 2025. – №. 6-1 (133). – С. 136-139.