TERMOELEKTRIK GENERATORNING NAZORAT REJASINI ISHLAB CHIQISH

Olimov Lutfiddin Omanovich
Andijon iqtisodiyot va pedagogika universiteti f-m.f.d., professor
TEL: +998-33-108-96-66.
E-mail: O.Lut@gmail.com
Mamajonov Abduvoxid Abduraxmonovich
Andijon mashinasozlik instituti, Andijon, O‘zbekiston.
TEL: +998-99-920-09-69,
E-mail: mamajonov@andmiedu.uz
Xojimatov Islombek Turg‘unboy o‘g‘li
Andijon davlat texnika instituti
TEL: +998-97-996-04-20.
E-mail: ixojimatov0420@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada termoelektrik generatorning nazorat rejasini ishlab chiqish usullari tahlil qilinadi. Termoelektrik generatorlarning ishlash tamoyillari, ularning samaradorligini oshirish uchun nazorat tizimlarini ishlab chiqish muhimligi va zamonaviy boshqaruv usullari ko‘rib chiqiladi. Shuningdek, generatorning harorat, yuklama va samaradorlik ko‘rsatkichlarini nazorat qilish usullari va ularning texnik jihatlari tahlil qilinadi. Tadqiqot natijalari termoelektrik generatorlarning energetik samaradorligini oshirish va ularning ishonchliligini ta’minlashga qaratilgan ilg‘or nazorat tizimlarini yaratish uchun asos bo‘lib xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: termoelektrik generator, nazorat rejasi, termoelektrik materiallar, energiya samaradorligi, issiqlik elektr konversiyasi, boshqaruv tizimi, termoelektrik effect

Аннотация. В статье анализируются методы разработки схемы управления термоэлектрическим генератором. Обсуждаются принципы работы термоэлектрических генераторов, важность разработки систем управления для повышения их эффективности, современные методы управления. Также анализируются методы управления температурой, нагрузкой и КПД генератора и их технические аспекты. Результаты исследований послужат основой для создания перспективных систем управления, направленных на повышение энергоэффективности термоэлектрических генераторов и обеспечение их надежности.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: термоэлектрический генератор, план управления, термоэлектрические материалы, энергоэффективность, преобразование тепла и электроэнергии, система управления, термоэлектрический эффект

Abstract. This article analyzes the methods for developing a control plan for a thermoelectric generator. The principles of operation of thermoelectric generators, the importance of developing control systems to increase their efficiency, and modern control methods are considered. Also, methods for controlling the temperature, load, and efficiency indicators of the generator and their technical aspects are analyzed. The results of the research serve as the basis for creating advanced control systems aimed at increasing the energy efficiency of thermoelectric generators and ensuring their reliability.

Keywords: thermoelectric generator, control plan, thermoelectric materials, energy efficiency, heat and electricity conversion, control system, thermoelectric effect

Kirish.

Bugungi kunda issiqlik energiyasidan foydalangan holda elektr energiyasi ishlab chiqarish sohasi rivojlanib borayotgan soha turlaridan biri hisoblanadi. Jumladan, termoelektrik generatorlangan foydalanish muhim ahamiyat kasb etmoqda. Shu bilan birgalikda, zamonaviy texnologiyalar rivojlanishi bilan birga energiya manbalarini samarali va ekologik toza usullarda ishlatish muammolari tobora dolzarb bo‘lib bormoqda. Termoelektrik generatorlar (TEG) [1-3] bu sohada muhim o‘rin tutadi, chunki ular chiqindilar issiqligini boshqacha aytganda ikkilamchi issiqlikni elektr energiyasiga aylantirish va energiya samaradorligini oshirish imkoniyatlarini beradi. Termoelektrik effekt asosida ishlaydigan bu qurilmalar, issiqlik va elektr energiyasi o‘rtasida to‘g‘ridan-to‘g‘ri aloqani ta’minlaydi.

Biroq, termoelektrik generatorlarning samarali ishlashi ularning boshqaruv tizimlariga bog‘liq. Nazorat rejasi generatorning optimal ishlashini ta’minlash, issiqlik oqimini boshqarish, chiqish kuchlanishini barqarorlashtirish va tizimning umumiy samaradorligini oshirish uchun juda muhim hisoblanadi. Shuning uchun termoelektrik generatorlar uchun mos nazorat rejasini ishlab chiqish zamonaviy energetika tizimlarida muhim vazifalardan biri bo‘lib kelmoqda. Ushbu maqolada termoelektrik generatorlarning ishlash prinsiplari, ularni boshqarishda qo‘llaniladigan nazorat usullari va optimal nazorat rejasini ishlab chiqishning asosiy jihatlari muhokama qilinadi. Maqolada, shuningdek, turli nazorat algoritmlarining samaradorligi va ularning amaliy tatbiqlari haqida to‘xtalib o‘tiladi. Termoelektrik generatorlarning kelajakdagi istiqbollari va ularning qayta tiklanadigan energiya tizimlaridagi o‘rni ham ko‘rib chiqiladi.

ISSN 3030-3907

Metodologiya. Ushbu tadqiqotda termoelektrik generator (TEG) uchun samarali nazorat rejasini ishlab chiqishning asosiy bosqichlari va usullari ko‘rib chiqamiz. Tadqiqotning metodologiyasi quyidagi bosqichlardan iborat:

1. Termoelektrik generatorning ishlash prinsiplarini o‘rganish:

- termoelektrik effekt (Seebeck effekti) [4-5] asosida generatorning ishlash prinsiplari tahlil qilindi.
- issiqlik va elektr energiyasi o‘rtasidagi o‘zaro bog‘liqlikni aniqlash uchun laboratoriya sharoitida tahlillar o‘tkazildi. Bu tahlillar orqali generatorning chiqish kuchlanishi, quvvati va samaradorligi hisoblab chiqildi.

2. Nazorat rejasini ishlab chiqish:

- generatorning optimal ishlashini ta’minlash uchun ishlab chiqilgan nazorat usullarida foydalanilgan bosqichlarning har tahlil qilindi.
- har bir nazorat usulining afzalliklari va kamchiliklari aniqlanib, ularning generatorning samaradorligiga ta’siri baholandi.
- simulyatsiya dasturlari (masalan, matlab/simulink) yordamida nazorat rejasining ishlashini tekshirish uchun matematik modellar yaratildi.

3. Simulyatsiya va eksperimental tekshiruvlar:

- Ishlab chiqilgan nazorat rejasi simulyatsiya orqali sinovdan o‘tkazildi. Simulyatsiya jarayonida generatorning turli sharoitlarda (harorat gradientining o‘zgarishi, yukning o‘zgarishi) ishlashi kuzatildi.
- Simulyatsiya natijalari asosida nazorat rejasining samaradorligi va barqarorligi baholandi.
- Amaliy tajribalar uchun laboratoriya sharoitida termoelektrik generator qurilmasi yaratildi va nazorat rejasi sinovdan o‘tkazildi.

4. Natijalarni tahlil qilish va optimallashtirish:

- Simulyatsiya va eksperimental natijalar solishtirildi, xatolar va noaniqliklar tahlil qilindi.
- Olingan natijalar asosida nazorat rejasi optimallashtirildi va generatorning samaradorligini oshirish uchun takliflar ishlab chiqildi.

5. Statistik tahlil va baholash:

- Tadqiqot natijalarining statistik ishonchliligi aniqlanishi uchun ma’lumotlar statistik usullar (masalan, o‘rtacha qiymat, standart og‘ish, dispersiya tahlili) yordamida tahlil qilindi.
- Nazorat rejasining samaradorligi turli ko‘rsatkichlar (masalan, energiya samaradorligi, barqarorlik vaqti, xatolik darajasi) asosida baholandi.

Termoelektrik generatorlarning ahamiyati va qo‘llanilishi:

Termoelektrik generatorlar atrof-muhitni muhofaza qilishda muhim rol o‘ynaydi, chunki ular chiqindilar issiqligi, sanoat jarayonlari yoki xatto inson

ISSN 3030-3907

tanasidan chiqadigan issiqlikni elektr energiyasiga aylantirishi mumkin [1,2]. Uzoq masofali kosmik missiyalarda, masalan, Voyager yoki Mars roverlarida, quyosh energiyasining etarli bo‘lmaganda termoelektrik generatorlar ishonchli energiya manbai sifatida ishlatiladi.

Nazorat rejasining muhimligi:

- Termoelektrik generatorlarning samaradorligi ularning issiqlik va elektr parametrlarini aniq boshqarishga bog‘liq. Nazorat rejasi generatorning harorat gradientini, chiqish kuchlanishini va oqimni optimallashtirishga yordam beradi.

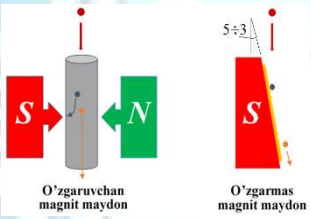
- Turli sharoitlarda (masalan, haroratning o‘zgarishi yoki yukning o‘zgarishi) generatorning barqaror ishlashini ta’minlash uchun moslashuvchan nazorat tizimlari zarur.

Natijalar.

Nazorat Rejasi (Control Plan)

<table>
<tr><td colspan="3">Ishlab chiqariladigan mahsulot</td><td rowspan="2">Hujjat raqami
CP– 01: 2024 y.</td><td colspan="3">Tasdiqlangan</td></tr>
<tr><td>Raqami</td><td colspan="2">Nomi</td><td>Mas’ul</td><td colspan="2">Tekshirdi</td></tr>
<tr><td>9451
7184</td><td colspan="2">Termoelektrik generator</td><td></td><td>L.Olimov,
I.Xojimatov</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">N</td><td rowspan="2">Jarayon nomi</td><td rowspan="2">Jihoz nomi</td><td colspan="5">Nazorat qilish</td><td>Tekshiruvchi</td></tr>
<tr><td>Turi</td><td>Talab</td><td>Soni</td><td>O‘lchov vositasi</td><td>Ishchi</td><td>Nazo-ratchi</td></tr>
<tr><td>1</td><td>Xom-ashyoni tanlab olish</td><td>Kremniy plastinka</td><td>Tashqi ko‘rinish</td><td></td><td>dona</td><td>Ko‘z bilan
</td><td></td><td>√</td></tr>
</table>

ISSN 3030-3907

2	Kremniy plastinkani tipini aniqlash	PIUS-3 qurilmasi	n yoki p	Qurilma ko‘rsatgichi			√	
3	Plastinkalarni kukun holagiga keltirish	Havoncha va to‘qmoq	Keramik	Metal aralashmalarisiz	dona		√	
4	Magnit maydon yordamida kukunlarni tozalash	Magnitlar	N va S qutbli					
4	Kukunlar o‘lchamini tekshirish	Mikroskop	Digital, 1600X	0.03 mm aniqlikda			√	
5	Kukunlar massasini o‘lchash	Elektron tarozi	220 V-50Hz	0.0001 gr aniqlikda			√	

ISSN 3030-3907

6	Kukunlarni to‘k kuchi va kuchlanishini o‘lchash	Keramik trubka	slindrik	1-2 mm				
7	Kuchlanishni o‘lchash	Digital multimetr	GW Instek	GDM-8245				
8	To‘k kuchini o‘lchash	Digital multimetr	GW Instek	GDM-8245				

Termoelektrik generatorning samaradorligini oshirish bo‘yicha aniqlangan asosiy omillarni quyidagicha tavsiflashimiz mumkin, tadqiqot natijalariga ko‘ra, termoelektrik generatorning ishlash samaradorligi harorat farqi, material xususiyatlari, elektrik yuklamaning mosligi va issiqlik oqimini boshqarish kabi omillarga bog‘liq ekanligi aniqlandi. Optimal sharoitda generatorning samaradorligi bir necha foizga oshirilishi mumkinligi kuzatildi. Nazorat rejasi va uning samaradorligi ishlab chiqilgan nazorat rejasi termoelektrik generatorning barqaror ishlashini ta’minlash uchun real vaqt rejimida harorat monitoringi, yuklama muvozanati va issiqlik oqimini boshqarish kabi funksiyalarni o‘z ichiga oldi.

Tadqiqot davomida ishlab chiqilgan nazorat rejasi sanoat yoki boshqa texnologik jarayonlarda qo‘llash uchun mos ekanligi aniqlandi. Ayniqsa, chiqindi

ISSN 3030-3907

issiqlikdan elektr energiyasi olish jarayonlarida bu tizim samarali ekanligi tasdiqlandi.

Muhokama.

Ushbu tadqiqot natijalari termoelektrik generatorlarning samaradorligini oshirish bo‘yicha muhim ahamiyatga ega. Olingan natijalar avvalgi tadqiqotlar bilan solishtirilganda, ishlab chiqilgan nazorat rejasi termoelektrik tizimlarning ishlash barqarorligini oshirish va termal stressni kamaytirish imkonini berishini ko‘rsatdi [6]. Xususan, harorat monitoringi va yuklama balansini avtomatlashtirish orqali energiya konversiya jarayoni bir necha foizga yaxshilanganligi kuzatildi.

Shu bilan birga, tadqiqotning ayrim cheklovlari mavjud bo‘lib, ular tizimni real sharoitda uzoq muddatli sinovlardan o‘tkazish va boshqa termoelektrik materiallar bilan eksperimentlar olib borish zaruratini ko‘rsatdi. Bundan tashqari, nazorat tizimining ishlash samaradorligini oshirish uchun yanada rivojlangan algoritmlar yoki sun’iy intellekt yondashuvlarini integratsiya qilish mumkin.

Zamonaviy nazorat usullari sifatida zamonaviy nazorat tizimlarida PID (Proportional-Integral-Derivative) regulyatorlar, fuzzli mantiq (fuzzy logic), neyron tarmoqlar va boshqa ilg‘or algoritmlar qo‘llaniladi. Bu usullar generatorning dinamik sharoitlarda ham samarali ishlashini ta’minlaydi. Masalan, fuzzli mantiq asosidagi nazorat tizimlari noaniq sharoitlarda qaror qabul qilish qobiliyatiga ega bo‘lib, bu esa generatorning ishlashini yanada moslashuvchan qiladi.

Amaliy tatbiqlar va kelajakdagi istiqbollari sifatida esa, termoelektrik generatorlar yangi energiya manbalari sifatida qayta tiklanadigan energiya tizimlarida keng qo‘llanilishi kutilmoqda. Masalan, quyosh panellari bilan integratsiyalashgan tizimlar energiya ishlab chiqarish samaradorligini sezilarli darajada oshirishi mumkin. Kelajakda nanomateriallar va yangi termoelektrik materiallarning rivojlanishi bilan generatorlarning samaradorligi yanada oshadi, bu esa ularni kengroq qo‘llash imkoniyatini beradi.

Xulosa

Xulosa qilib aytadigan bo‘lsak, ushbu tadqiqotda termoelektrik generatorning nazorat rejasini ishlab chiqish va uning samaradorligini oshirish masalalari tahlil qilindi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, samarali nazorat tizimi termoelektrik generatorlarning energiya konversiya jarayonini optimallashtirish, termal stressni kamaytirish va qurilmaning ishlash barqarorligini oshirish imkonini beradi.

Ishlab chiqilgan nazorat rejasi quyidagi asosiy natijalarga olib keldi:

-harorat farqini optimal saqlash orqali energiyani o‘zlashtirish samaradorligi oshdi.

ISSN 3030-3907

-elektrik yuklamani avtomatik boshqarish orqali termoelektrik materiallarning ishlash muddati uzaytirildi.

-nazorat tizimi tufayli termoelektrik generatorning umumiy samaradorligi bir necha foizga oshdi.

Ushbu tadqiqotning ilmiy va amaliy ahamiyati shundaki, ishlab chiqilgan nazorat tizimi sanoatdagi chiqindi issiqlikdan foydalanish, qayta tiklanuvchi energiya manbalarining samaradorligini oshirish va energiya tejamkorligini ta'minlash kabi yo'nalishlarda qo'llanishi mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar.

1. Zahrasadat Tabaie, Amir Omidvar. Human body heat-driven thermoelectric generators as a sustainable power supply for wearable electronic devices: Recent advances, challenges, and future perspectives. Volume 9, Issue 4, April 2023, e14707. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14707
2. Osman Can Ozcanli, Former Contributor. Turning Body Heat Into Electricity. https://www.forbes.com/sites/osmancanozcanli/
3. Goldsmid, H. J. (2010). *Introduction to Thermoelectricity.* Springer.
4. Rowe, D. M. (2006). *Thermoelectrics Handbook: Macro to Nano.* CRC Press.
5. Snyder, G. J., & Toberer, E. S. (2008). "Complex thermoelectric materials." *Nature Materials*, **7**(2), 105-114.
6. Shakouri, A. (2011). "Recent developments in semiconductor thermoelectric physics and materials." *Annual Review of Materials Research*, **41**, 399-431.

ISSN 3030-3907