

Z.M. Mukhiddinov, J.A. Normuminov, J.B. Tursunaliyev
Tashkent State Technical University, University Str. 2, 100095 Tashkent, Uzbekistan

BARQAROR ENERGIYA ISHLAB CHIQRISH: QUYOSH GELIOSTATLARINING GIBRID GAZ TURBINASI ISHLASHIGA TA'SIRI

Keywords: Solar Energy, Hybrid Solar-Gas Turbine Systems, Thermal Storage, Energy Efficiency, Exergy Analysis, Gas Turbines, Thermodynamic Modeling, Uzbekistan, Tashkent, Sustainable Energy.

Abstract: Solar power is currently a widely recognized energy source that has gained significant attention from numerous countries. Over time, two predominant solar technologies have emerged internationally: solar photovoltaics and solar thermal power. In the case of solar photovoltaics, sunlight is directly converted into electricity. However, despite advancements in thin-film solar photovoltaics, they still exhibit lower electricity output due to the uncontrollable and highly variable nature of rapidly changing weather conditions. Solar thermal power, on the other hand, harnesses solar heat in power plants to generate electricity. However, this type of power generation faces similar challenges. The lack of high-capacity thermal storage contributes to its inherent unpredictability and variability. In the coming years, the solar thermal power industry in Uzbekistan should prioritize harnessing the unique advantages offered by the combination of hybridization and thermal energy storage. With decreasing costs and the increasing adoption of renewable energies, solar thermal power plants have the capability to provide dispatchable power, making them highly suitable for a pivotal role in a future energy grid primarily powered by renewable sources.

Kalit so'zlar: Quyosh energiyasi, Gibrid quyosh-gaz turbina tizimlari, Issiqlik saqlash, Energiya samaradorligi, Eksergiya tahlili, Gaz turbinalari, Termodinamik modellash, O'zbekiston, Toshkent, Barqaror energiya.

Annotatsiya: Quyosh energiyasi hozirda ko'plab mamlakatlar tomonidan keng e'tirof etilgan energiya manbai hisoblanadi. Vaqt o'tishi bilan xalqaro miqyosda ikki asosiy quyosh texnologiyasi paydo bo'ldi: quyosh fotovoltaiikasi va quyosh issiqlik energiyasi. Quyosh fotovoltaiikasida quyosh nuri to'g'ridan-to'g'ri elektr energiyasiga aylantiriladi. Ammo, ingichka qatlamli quyosh fotovoltaiikasidagi yutuqlarga qaramay, tez o'zgaruvchi ob-havo sharoitlarining boshqarib bo'lmaydigan va juda o'zgaruvchan tabiati tufayli ular hali ham pastroq elektr energiyasi ishlab chiqarishni ko'rsatmoqda. Boshqa tomondan, quyosh issiqlik energiyasi issiqlik elektr stansiyalarida elektr energiyasini ishlab chiqarish uchun quyosh issiqligidan foydalanadi. Ammo, bu turdagi energiya ishlab chiqarish ham shunga o'xshash muammolarga duch kelmoqda. Yuqori sig'imli issiqlik saqlashning yo'qligi uning o'ziga xos oldindan aytib bo'lmaydiganligi va o'zgaruvchanligiga hissa qo'shadi. Yaqin yillarda O'zbekistonda quyosh issiqlik energetikasi sanoati gibridizatsiya va issiqlik energiyasini saqlashning noyob afzalliklaridan foydalanishni ustuvor vazifa qilib qo'yishi kerak. Xarajatlarning pasayishi va qayta tiklanadigan energiyalardan foydalanishning ortib borishi bilan, quyosh issiqlik elektr stansiyalari uzatiladigan quvvatni ta'minlash qobiliyatiga ega bo'lib, ularni asosan qayta tiklanadigan manbalar tomonidan quvvatlanadigan kelajak energetika tarmog'ida muhim rol o'ynashga moslashtiradi.

KIRISH: O'zbekiston o'zining mo'l-ko'l quyosh resurslari tufayli barqaror energiya ishlab chiqarish uchun katta salohiyatga ega mamlakatdir. Iqtisodiy o'sish va modernizatsiya yo'lida intilayotgan mamlakat sifatida O'zbekiston o'zining ortib borayotgan energiya talabini qondirish bilan birga ekologik ta'sirni kamaytirish muammosiga duch kelmoqda. Mamlakatning energiya sektori tarixan asosan

qazilma yoqilg'ilarga, xususan tabiiy gazga tayanib kelgan, bu esa issiqxona gazlari chiqindilari ortishiga va atrof-muhitning buzilishiga olib keladi.

Quyosh energiyasidan foydalanishning innovatsion yondashuvlaridan biri bu quyosh geliostatlaridan foydalanishdir. Geliostatlar quyoshning harakatini kuzatib, nurlarini markaziy qabul qiluvchiga yo'naltiruvchi ko'zgulardir, bu yerda konsentrlangan quyosh energiyasi issiqlikka aylantirilishi mumkin. Ushbu konsentrlangan quyosh energiyasi (KQE) turli xil energiya ishlab chiqarish texnologiyalarini boshqarish uchun ishlatilishi mumkin. An'anaviy gaz turbina tizimlari bilan integratsiya qilinganida, KQE quyosh va qazilma yoqilg'iga asoslangan energiya manbalarining kuchli tomonlaridan foydalangan holda yuqori samaradorlikka ega gibrid elektr stansiyalarini yaratish potentsialiga ega.

Quyosh geliostatlarini o'z ichiga olgan gibrid gaz turbina tizimlari energiya ishlab chiqarishning samaradorligi va barqarorligini oshirish uchun noyob imkoniyatni taqdim etadi. Ushbu gibrid tizimlar gaz turbinaga kiruvchi havoni oldindan qizdirish uchun quyosh energiyasidan foydalanib, yuqori issiqlik samaradorligiga erishishi va qazilma yoqilg'i sarfini kamaytirishi mumkin. Bu nafaqat issiqxona gazlari chiqindilarini kamaytiradi, balki elektr stansiyasining umumiy ishlash xarajatlarini ham pasaytiradi.

Quyosh geliostatlarini gaz turbinlari bilan integratsiya qilish qayta tiklanadigan energiya sohasida katta yutuq hisoblanadi. Ushbu gibrid yondashuv quyosh energiyasi bilan bog'liq uzilish muammolarini bartaraf etishi va elektr energiyasini barqaror va uzluksiz yetkazib berishni ta'minlashi mumkin. Bundan tashqari, quyosh geliostatlaridan foydalanish gaz turbinlarining yuqori haroratli ishlashi bilan bog'liq issiqlik stresslarini kamaytirish orqali ularning ishlash muddatini uzaytirishi mumkin.

ADABIYOTLAR SHARHI

Quyosh Geliostatlari va Ularning Roli

Quyosh geliostatlari konsentrlangan quyosh energiyasi (KQE) tizimlarida muhim rol o'ynaydi. Ular quyoshning harakatini kuzatib, uning nurlarini ma'lum bir nuqtaga, odatda qabul qiluvchiga yo'naltiruvchi ko'zgular to'plamidan iborat. Gibrid gaz turbinlari kontekstida geliostatlar tizimga issiqlik kiritishini oshiradi, bu esa samaradorlikni yaxshilaydi va an'anaviy yoqilg'ilarga bog'liqlikni kamaytiradi.

Oldingi Tadqiqotlar

Bir necha tadqiqotlar gibrid quyosh gaz turbinlarining potentsialini va ishlash va ishonchlilikni oshirish uchun issiqlik energiyasini saqlash (IES) integratsiyasini o'rgangan.

Grange va boshq. (2013) issiqlik energiyasini saqlash (IES) bilan integratsiyalangan gibrid quyosh gaz turbina sikllari bo'yicha keng qamrovli simulyatsiyalar o'tkazdi. Ularning tadqiqotlari IESning yonish kamerasi kirishidagi havo haroratini barqarorlashtirishdagi afzalliklarini ta'kidlab, bu uzluksiz va samarali ishlash sharoitlarini saqlash uchun muhim ekanligini ko'rsatdi. Tadqiqot shuni ko'rsatdiki, IESni qo'shish kunlik o'rtacha quyosh ulushini oshiradi va umumiy elektr stansiyasi ishlashini yaxshilaydi. Ayniqsa, IES bloki pik quyosh davrlarida ortiqcha issiqlikni yutib, quyosh kam bo'lgan davrlarda uni chiqaradi, bu esa gaz turbinining barqaror va samarali ishlashini ta'minlaydi.

Garcia-Barberena va boshq. (2017) quyosh minoralari uchun ilg'or quvvat sikllari va konfiguratsiyalarini, xususan, Ajratilgan Quyosh Birlashtirilgan Sikl (AQBS) kontseptsiyasini o'rgandi. Bu kontseptsiya Brayton-Rentgen kombinatsiyalangan siklni o'z ichiga oladi, bunda pastki sikl yuqori sikldan oraliq saqlash tizimi bilan ajratiladi. Tadqiqot ikki turdagi Rentgen siklidan foydalanish orqali yillik quyosh-elektr samaradorligini sezilarli darajada oshirishni ko'rsatdi. Bu konfiguratsiya qabul qiluvchi va gaz turbina chiqindi gazlaridan past haroratli issiqlikni samarali qayta tiklash imkonini beradi, tizimning umumiy samaradorligini oshiradi. AQBS kontseptsiyasi KQE zavodlari uchun moslashuvchan

va samarali yechim bo'lib, optimallashtirilgan dizayn va integratsiya orqali katta samaradorlik yutuqlari va xarajatlarni qisqartirish imkoniyatini taqdim etadi.

Joriy Tendensiyalar

So'nggi yutuqlar gibrid quyosh gaz turbina texnologiyasida tizim samaradorligini oshirish uchun IES integratsiyasi va zavod konfiguratsiyalarini optimallashtirishga qaratilgan.

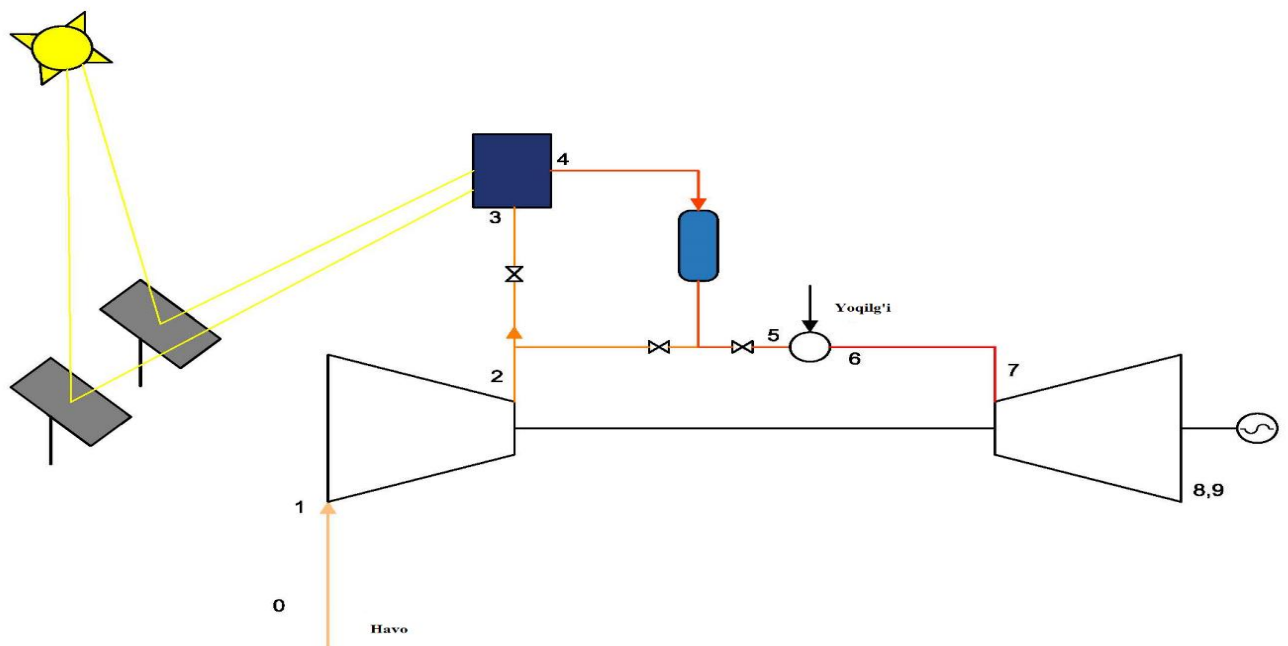
Grange va boshq. (2013) IESning tizim ishlashini barqarorlashtirishdagi rolini ta'kidlab, u nafaqat tizimni barqarorlashtiradi, balki yuqori va barqaror elektr energiyasi ishlab chiqarishni ham ta'minlaydi deb ta'kidlashgan. Ularning fransuz PEGASE loyihasidagi ishlari IES bilan gibrid tizimlar yuqori quyosh ulushiga va barqaror elektr energiyasi ishlab chiqarishga erishishi mumkinligini ko'rsatdi, bu esa KQE texnologiyalarini raqobatbardosh va ishonchli qiladi. IES bloki elektr stansiyasining issiqlik sig'imi omilini oshiradi va ko'proq uzatish quvvatini ta'minlaydi, bu esa tarmoqqa qo'shimcha xizmatlar ko'rsatadi.

Garcia-Barberena va boshq. (2017) AQBSni KQE zavodlari uchun juda moslashuvchan va samarali konfiguratsiya sifatida taqdim etdi. Ularning tadqiqotlari turli AQBS zavod sxemalarini loyihalash va ishlashni optimallashtirish uchun batafsil vaqtinchalik simulyatsiya modellarini ishlab chiqishni o'z ichiga oldi. Ular dizayn parametrlarini, masalan, ishlash haroratlari va bosimlarini, saqlash quvvatlarini va tizim konfiguratsiyalarini optimallashtirish sezilarli samaradorlik yutuqlari va xarajatlarni qisqartirishga olib kelishini aniqladilar. Batafsil vaqtinchalik simulyatsiyalar yordamida turli zavod sxemalari va ularning ishlashi tadqiq etilgan.

METODOLOGIYA

Quyosh geliostatli gibrid gaz turbinali tizimi:

Gibrid gaz turbina tizimi geliostat maydoni, quyosh qabul qilgich, issiqlik energiyasini saqlash (IES) bloki, yonish kamerasi, gaz turbina, kompressor va generatorni o'z ichiga oladi. Geliostat maydoni quyoshni kuzatib, markaziy minoraning tepasida joylashgan quyosh qabul qilgichga quyosh energiyasini yo'naltiruvchi ko'zgular to'plamidan iborat.



1-rasm. Quyosh gaz turbinasining prinsipial sxemasi

Qabul qilgich konsentrlangan quyosh energiyasini yutib, ishchi suyuqlikni (havo yoki erigan tuzni) qizdiradi, bu siqilgan havoni yonish kamerasiga kirishidan oldin oldindan qizdirish uchun ishlatiladi. Ushbu oldindan qizdirilgan havo yonish uchun zarur bo'lgan yoqilg'i miqdorini kamaytiradi va tizimning issiqlik samaradorligini oshiradi.

IES bloki yuqori quyosh nurlanishi davrlarida ortiqcha issiqlik energiyasini saqlaydi, bu esa quyosh kam bo'lgan davrlarda ishlatilishi mumkin, barqaror va uzluksiz elektr energiyasi ishlab chiqarishni ta'minlaydi. Qabul qilgich va IES blokidan qizdirilgan havo yonish kamerasida yoqilg'i bilan aralashiriladi va yoqiladi, natijada gaz turbinasini harakatga keltiruvchi yuqori haroratli gazlar hosil bo'ladi. Turbina esa generatorni harakatga keltiradi va elektr energiyasini ishlab chiqaradi. Tizim samaradorligini yanada oshirish uchun chiqindi issiqlikni qayta tiklash uchun issiqlik almashinuvchisi ishlatiladi.

Jarayon ko'rsatkichlari

1. Issiqlik energiya samaradorligi:

$$\eta_{\text{issiqlik}} = \frac{W_{\text{chiqish}}}{Q_{\text{kirish}}} \quad (1)$$

- W_{chiqish} : Gaz turbinasidan chiqadigan umumiy energiya miqdori
- Q_{kirish} : Quyosh va yoqilg'I energiyasi hisobidan tizimga kiradigan umumiy energiya miqdori

2. Quyosh ulushi:

Quyosh energiyasining gibrid quyosh energetikasi tizimiga integratsiyalashuvi darajasi quyosh ulushi bo'yicha o'lchanadi f_{quyosh} , quyidagicha aniqlanadi:

$$f_{\text{quyosh}} = \frac{Q_{\text{quyosh}}}{Q_{\text{umumiy}}} \quad (2)$$

- Q_{quyosh} : Quyosh nur qabul qilgichi tomonidan qabul qilingan energiya
- Q_{umumiy} : Tizimga kiritilgan umumiy energiya

3. Yoqilg'i tejash:

$$Yo. \text{ tej} = \frac{Q_{\text{an.yoq}} - Q_{\text{gib.yoq}}}{Q_{\text{an.yoq}}} \quad (3)$$

- $Q_{\text{an.yoq}}$: An'anaviy gaz turbinasi tizimida yoqilg'i sarfi
- $Q_{\text{gib.yoq}}$: Gibrid tizimda yoqilg'i sarfi

NATIJARAR

Quyosh geliostatlar bilan integratsiyalangan gibrid gaz turbina tizimi belgilangan formulalar va tamoyillar asosida nazariy jihatdan tahlil qilindi. Asosiy ishlash ko'rsatkichlariga issiqlik samaradorligi, quyosh ulushi, yoqilg'i tejash, atrof-muhitga ta'sir va iqtisodiy jihatdan maqbullik kiradi.

Issiqlik Samaradorligi:

Gibrid gaz turbina tizimining issiqlik samaradorligi (1) formula orqali ifodalanib bunda:

1. Quyosh Integratsiyasiz (Asosiy Ishlash): An'anaviy gaz turbinalari uchun odatiy issiqlik samaradorligi taxminan 35% ni tashkil etadi. Bu solishtirish uchun asosiy samaradorlikdir.

2. Quyosh Integratsiyasi Bilan (Gibrid Ishlash): Siqilgan havoni quyosh energiyasi bilan oldindan qizdirish orqali, nazariy jihatdan, issiqlik samaradorligi oshishi mumkin. Quyosh energiyasining sezilarli hissasi hisobga olinsa, gibrid tizimning issiqlik samaradorligi taxminan 45% ga ko'tarilishi mumkin. Bu yaxshilanish kerakli turbina kirish haroratiga erishish uchun zarur bo'lgan yoqilg'i miqdorining kamayishi hisobiga sodir bo'ladi.

Yoqilg'ini tejash:

Tejaladigan yoqilg'i miqdori (3) nazariy jihatdan 30%gacha yetishi mumkin. Bu esa atrof muhitga ijobiy ta'sir qiladi. CO₂ chiqindilarini va boshqa ifloslantiruvchilarni kamaytirish to'g'ridan-to'g'ri yoqilg'i sarfining kamayishi bilan bog'liq. Yoqilg'i sarfi 30% ga kamaygan holda, chiqindilar ham shunga mos ravishda kamayadi va bu ekologik barqarorlikka hissa qo'shadi.

MUHOKAMA

Quyosh geliostatlarini integratsiya qilish gaz turbina tizimining issiqlik samaradorligini sezilarli darajada oshiradi. Siqilgan havoni oldindan qizdirish orqali kamroq yoqilg'i kerak bo'ladi va bu yuqori samaradorlik va yoqilg'i sarfining kamayishiga olib keladi.

Nominal quyosh ulushi tizimga quyosh energiyasining umumiy issiqlik kirishiga hissasini ko'rsatadi. Yuqori nominal quyosh ulushi ko'proq quyosh energiyasiga tayanishni va qazilma yoqilg'ilarga kamroq bog'liqlikni anglatadi.

Yoqilg'i Tejash va Ekologik Foydalari:

Nazariy yoqilg'i tejash sezilarli bo'lib, yoqilg'i sarfi 30% gacha kamayishi mumkin. Bu qisqartirish to'g'ridan-to'g'ri operatsion xarajatlarni kamaytirish va ekologik foydalarni, jumladan issiqxona gazlari chiqindilarini va boshqa ifloslantiruvchilarni kamaytirish bilan bog'liq.

Iqtisodiy Jihatdan Maqbulligi:

Iqtisodiy tahlil gibrid tizimning moliyaviy jihatdan maqbul ekanligini ko'rsatadi, chunki dastlabki investitsiya uzoq muddatli yoqilg'i xarajatlari tejalishi va atrof-muhitga kam ta'sir bilan qoplanadi.

Qiyinchiliklar va Ko'rib chiqishlar:

Gibrid tizimni joriy qilishdagi asosiy qiyinchiliklardan biri quyosh nurlanishining o'zgaruvchanligi bo'lib, bu quyosh energiyasi kirishining barqarorligini ta'sir qiladi. Biroq, IES bu muammoni yuqori quyosh davrlarida ortiqcha issiqlikni saqlash va quyosh kam bo'lgan davrlarda uni chiqarish orqali bartaraf etishi mumkin.

Tizim komponentlarini, masalan, quyosh maydoni va IES hajmini optimallashtirish ishlash va samaradorlikni oshirishi mumkin. Ilg'or boshqaruv strategiyalari va real vaqt monitoringi ham tizimning o'zgaruvchan sharoitlarga javob berishini yaxshilashi mumkin.

Ushbu teoretik tahlil quyosh geliostatlari bilan gibrid gaz turbina tizimlarining barqaror va samarali energiya ishlab chiqarishga erishishdagi katta potentsialini ko'rsatadi. Quyosh geliostatlari va IES ni integratsiya qilish nafaqat issiqlik samaradorligini va yoqilg'i tejashni oshiradi, balki iqtisodiy va ekologik jihatdan ham foyda keltiradi. Ushbu topilmalar tizim ishlashini va ishonchliligini optimallashtirish uchun ushbu sohada davom etayotgan tadqiqot va rivojlanishning muhimligini ta'kidlaydi.

XULOSA:Quyosh geliostatlarini gaz turbinalari bilan integratsiya qilish quvvat ishlab chiqarish samaradorligi va barqarorligini oshirishda katta istiqbollarni ko'rsatadi. Siqilgan havoni quyosh energiyasi bilan oldindan qizdirish orqali tizim yuqori issiqlik samaradorligiga va sezilarli yoqilg'i tejashga erishadi. Yoqilg'i sarfining kamayishi to'g'ridan-to'g'ri issiqxona gazlari chiqindilarining kamayishiga olib keladi, bu esa gibrid tizimni ekologik jihatdan foydali qiladi.

Iqtisodiy jihatdan, gibrid tizim uzoq muddatli operatsion tejashlar orqali quyosh komponentlariga dastlabki investitsiyalarni qoplab, maqbul qaytarish davriga ega ekanligini isbotlaydi. Issiqlik energiyasini saqlash (IES) quyosh nurlanishining o'zgaruvchanligi bilan bog'liq muammolarni samarali ravishda bartaraf etib, barqaror quvvat chiqarishni ta'minlaydi.

Kelajakdagi tadqiqotlar tizim komponentlarini optimallashtirish, yangi materiallarni o'rganish va ishlash va ishonchlilikni yanada oshirish uchun ilg'or boshqaruv strategiyalarini joriy etishga qaratilishi kerak. Umuman olganda, gibrid quyosh gaz turbina tizimlari texnologik innovatsiyani ekologik himoya bilan birlashtirgan holda, barqaror energiya ishlab chiqarish uchun jozibali yechimni ifodalaydi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YHATI:

1. Grange et al. (2013), "Simulation of a Hybrid Solar Gas-Turbine Cycle with Storage Integration", Energy Procedia.
2. García-Barberena et al. (2017), "Advanced Power Cycles and Configurations for Solar Towers: Modeling and Optimization of the Decoupled Solar Combined Cycle Concept", AIP Conference Proceedings.
3. Grange et al. (2013), "EnergyProcediaSOLARPACES2013Grange", Energy Procedia.
4. Mukhiddinov et al (2024), Enhancing the efficiency of a gas turbine through the integration of solar heat - a case study of tashkent CHP.