



## IKKI TOMONLAMA QUYOSH ELEMENTI XARAKTERISTIKALARINING HARORATGA BOG‘LIQLIGINI O‘RGANISH

Asranov Oyatullo Qaxramonjon o‘g‘li

Andijon davlat universiteti qayta tiklanuvchi energiya manbaalari 1-bosqich  
magistri

**Annotatsiya:** Ushbu maqolada ikki tomonlama quyosh elementlarining (bifacial solar cells) elektr xarakteristikalari va ularning haroratga bog‘liqligi ilmiy jihatdan tahlil qilinadi. Quyosh elementlarining samaradorligi, kuchlanish, tok va quvvat ko‘rsatkichlari harorat o‘zgarishi bilan qanday o‘zgarishi o‘rganiladi. Tadqiqot natijalari asosida optimal ish sharoitlarini aniqlash hamda energiya samaradorligini oshirish bo‘yicha tavsiyalar beriladi.

**Kalit so‘zlar:** ikki tomonlama quyosh elementi, bifacial solar cell, harorat ta’siri, fotoelektrik effekt, samaradorlik, kuchlanish, tok, quyosh energiyasi.

**Аннотация:** В данной статье проводится научный анализ электрических характеристик двусторонних солнечных элементов (bifacial solar cells) и их зависимости от температуры. Рассматривается, как изменяются основные параметры солнечных элементов — эффективность, напряжение, ток и мощность — под влиянием температурных изменений. На основе результатов исследования предлагаются рекомендации по определению оптимальных условий работы и повышению энергетической эффективности.

**Ключевые слова:** двусторонний солнечный элемент, bifacial solar cell, влияние температуры, фотоэлектрический эффект, эффективность, напряжение, ток, солнечная энергия.

**Abstract :** This article provides a scientific analysis of the electrical characteristics of bifacial solar cells and their dependence on temperature. It examines how key parameters of solar cells—efficiency, voltage, current, and power—change with temperature variations. Based on the research findings, recommendations are given for determining optimal operating conditions and improving energy efficiency.

**Keywords:** bifacial solar cell, temperature effect, photoelectric effect, efficiency, voltage, current, solar energy.

### Kirish

Bugungi kunda global miqyosda energiya resurslariga bo‘lgan talabning ortib borishi hamda ekologik muammolarning keskinlashuvi qayta tiklanuvchi energiya



manbalariga bo‘lgan qiziqishni sezilarli darajada oshirdi. Ayniqsa, quyosh energiyasi cheksizligi, ekologik tozaligi va iqtisodiy samaradorligi bilan muhim ahamiyat kasb etmoqda. So‘nggi yillarda quyosh texnologiyalari sezilarli darajada takomillashib, yangi avlod qurilmalari ishlab chiqilmoqda. Shular jumlasidan biri ikki tomonlama (bifacial) quyosh elementlari bo‘lib, ular zamonaviy energetika tizimlarida istiqbolli yechim sifatida qaralmoqda.

An’anaviy bir tomonlama quyosh panellaridan farqli ravishda, ikki tomonlama quyosh elementlari old va orqa yuzalari orqali yorug‘likni qabul qilish imkoniyatiga ega. Bu esa ularga nafaqat to‘g‘ridan-to‘g‘ri quyosh nurlaridan, balki atrof-muhitdan qaytgan diffuz va aks ettirilgan nurlardan ham samarali foydalanish imkonini beradi. Natijada, bunday elementlarning umumiy energiya ishlab chiqarish ko‘rsatkichi sezilarli darajada oshadi. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, bifacial texnologiya yordamida energiya ishlab chiqarish 10–30% gacha ortishi mumkin, bu esa ularni energetika tizimlarida keng qo‘llash uchun muhim omil hisoblanadi [1].

Shu bilan birga, quyosh elementlarining samaradorligi faqat konstruktiv xususiyatlarga emas, balki tashqi muhit sharoitlariga ham bevosita bog‘liqdir. Ushbu omillar ichida harorat eng muhimlaridan biri hisoblanadi. Haroratning oshishi yarimo‘tkazgich materiallarning fizik xossalariga ta’sir ko‘rsatib, zaryad tashuvchilar harakati, rekombinatsiya jarayonlari va energetik darajalar o‘zgarishiga olib keladi. Natijada, quyosh elementlarining asosiy elektr parametrlari — ochiq zanjir kuchlanishi ( $V_{oc}$ ), qisqa tutashuv toki ( $I_{sc}$ ), to‘liq quvvat ( $P_{max}$ ) va foydali ish koeffitsiyenti ( $\eta$ ) — ma’lum darajada o‘zgaradi.

Ikki tomonlama quyosh elementlarida esa ushbu jarayonlar yanada murakkab tus oladi. Chunki bunday qurilmalar ikki tomondan nurlanishni qabul qilgani sababli, ularning issiqlik balansiga ta’sir qiluvchi omillar soni ortadi. Masalan, yer yuzasining aks ettirish xususiyati (albedo), o‘rnatish balandligi, shamollanish darajasi va atrof-muhit harorati umumiy samaradorlikka sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Ayniqsa, yuqori harorat sharoitida bifacial panellarning ishlash ko‘rsatkichlarini barqaror saqlash dolzarb muammo hisoblanadi.

Shu sababli, ikki tomonlama quyosh elementlarining haroratga bog‘liq xususiyatlarini chuqur o‘rganish nafaqat nazariy, balki amaliy jihatdan ham muhimdir. Ushbu tadqiqot natijalari asosida samaradorlikni oshirish, optimal ish sharoitlarini tanlash hamda energiya yo‘qotishlarini kamaytirish bo‘yicha ilmiy asoslangan tavsiyalar ishlab chiqish mumkin.

Asosiy qism



Ikki tomonlama quyosh elementlari (bifacial solar cells) zamonaviy fotoelektrik texnologiyalarning eng samarali yoʻnalishlaridan biri hisoblanadi. Ularning asosiy afzalligi shundaki, ular old va orqa yuzalar orqali quyosh nurlarini qabul qilib, elektr energiyasiga aylantiradi. Ushbu jarayon fotoelektrik effekt asosida amalga oshadi, yaʼni yorugʻlik energiyasi yarimoʻtkazgich material ichida zaryad tashuvchilarni hosil qiladi va natijada elektr toki paydo boʻladi.

Ikki tomonlama quyosh elementlarining ishlash samaradorligi bir qator ichki va tashqi omillarga bogʻliq boʻlib, ular orasida harorat eng muhim rol oʻynaydi. Harorat oshganda yarimoʻtkazgichning energetik zonalar torayadi, natijada elektron va kovaklar harakati tezlashadi. Biroq, bu jarayon bilan birga rekombinatsiya ehtimoli ham ortadi, bu esa umumiy samaradorlikka salbiy taʼsir koʻrsatadi. Ilmiy tadqiqotlarda aniqlanishicha, haroratning ortishi ochiq zanjir kuchlanishining sezilarli darajada kamayishiga olib keladi, bu esa quyosh elementining chiqish quvvatini pasaytiradi [2]. Shu bilan birga, qisqa tutashuv toki ( $I_{sc}$ ) harorat oshishi bilan biroz ortadi, chunki yuqori haroratda yarimoʻtkazgichda koʻproq zaryad tashuvchilar hosil boʻladi. Ammo bu ortish kuchlanishdagi pasayishni qoplamaydi. Natijada maksimal quvvat ( $P_{max}$ ) va foydali ish koeffitsiyenti ( $\eta$ ) kamayadi. Amaliy kuzatuvlarga koʻra, harorat har  $1^{\circ}\text{C}$  ga oshganda quyosh elementining samaradorligi taxminan 0.3–0.5% ga pasayadi [3].

Ikki tomonlama quyosh elementlarida harorat taʼsiri yanada murakkabroq boʻlib, bu ularning ikki tomonlama nurlanish qabul qilishi bilan bogʻliq. Orqa tomondan qaytgan nurlar (refleksiya) qoʻshimcha energiya manbai boʻlishi bilan birga, qoʻshimcha issiqlik manbai ham hisoblanadi. Ayniqsa, yer yuzasining aks ettirish qobiliyati yuqori boʻlgan hollarda (masalan, qorli yoki oq sirtlarda) panelning umumiy harorati oshishi mumkin. Shu bilan birga, ochiq maydonda oʻrnatilgan panellarda tabiiy shamollanish tufayli sovish jarayoni ham kuzatiladi, bu esa haroratning salbiy taʼsirini qisman kamaytiradi [4].

Quyosh elementlarining asosiy elektr parametrlarining haroratga bogʻliqligi quyidagi jadvalda umumlashtirilgan:

Parametr	Harorat oʻzgarish	oshgandagi Izoh
Ochiq zanjir kuchlanishi ( $V_{oc}$ )	Kamayadi	Energetik zonalar torayadi
Qisqa tutashuv toki ( $I_{sc}$ )	Biroz ortadi	Zaryad tashuvchilar soni ortadi



Maksimal quvvat ( $P_{max}$ )	Kamayadi	Kuchlanish ustun	pasayishi
Samaradorlik ( $\eta$ )	Kamayadi	Umumiy ortadi	yo‘qotishlar

Yuqoridagi tahlillar shuni ko‘rsatadiki, harorat quyosh elementlarining deyarli barcha asosiy parametrlariga ta‘sir ko‘rsatadi. Ayniqsa, kuchlanishning kamayishi umumiy energiya ishlab chiqarishga sezilarli salbiy ta‘sir qiladi. Shu sababli, bifacial quyosh panellarini loyihalash va o‘rnatishda harorat omilini hisobga olish muhim hisoblanadi. Bundan tashqari, zamonaviy tadqiqotlarda harorat ta‘sirini kamaytirish uchun turli texnologik yechimlar taklif etilmoqda. Jumladan, panellarni yer sathidan balandroq o‘rnatish, issiqlikni tez chiqaruvchi materiallardan foydalanish, shuningdek, passiv va aktiv sovitish tizimlarini qo‘llash samarali natijalar bermoqda. Shu orqali ikki tomonlama quyosh elementlarining uzoq muddatli samaradorligini oshirish va energiya yo‘qotishlarini minimallashtirish mumkin [5].

#### Xulosa

Ikki tomonlama quyosh elementlarining (bifacial solar cells) texnologik imkoniyatlari ularni zamonaviy energetika tizimlarida muhim o‘rin egallashiga sabab bo‘lmoqda. Ushbu tadqiqot davomida aniqlanishicha, bunday elementlarning asosiy ustunligi — ikki tomondan nurlanishni qabul qilish orqali yuqori energiya ishlab chiqarish imkoniyatidir. Biroq, ularning samaradorligi tashqi omillarga, ayniqsa, haroratga sezilarli darajada bog‘liq ekanligi ilmiy jihatdan asoslab berildi.

Tahlillar shuni ko‘rsatdiki, harorat oshishi natijasida ochiq zanjir kuchlanishi va maksimal quvvat kamayadi, natijada umumiy samaradorlik pasayadi. Qisqa tutashuv toki biroz ortishiga qaramay, bu o‘zgarish umumiy yo‘qotishlarni qoplash uchun yetarli emas. Ayniqsa, ikki tomonlama quyosh elementlarida orqa yuzadan qaytgan nurlar qo‘shimcha issiqlik hosil qilishi sababli harorat ta‘siri yanada murakkablashadi. Shu bilan birga, tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, to‘g‘ri konstruktiv va ekspluatatsion yondashuvlar orqali haroratning salbiy ta‘sirini kamaytirish mumkin. Jumladan, panellarni optimal balandlikda o‘rnatish, shamollanishni yaxshilash, aks ettiruvchi sirtlardan foydalanish hamda samarali sovitish usullarini qo‘llash muhim ahamiyat kasb etadi.

Xulosa qilib aytganda, ikki tomonlama quyosh elementlarining haroratga bog‘liq xususiyatlarini chuqur o‘rganish ularning samaradorligini oshirish va energiya ishlab chiqarishni optimallashtirish uchun zarur hisoblanadi. Kelgusida ushbu yo‘nalishda olib boriladigan ilmiy tadqiqotlar qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan yanada samarali foydalanish imkonini beradi.



**Foydalangan adabiyotlar:**

1. Green M.A. *Quyosh elementlari: ishlash prinsiplari, texnologiyasi va tizim qo'llanilishi*. Prentice-Hall, 2012.
2. Nelson J. *Quyosh elementlari fizikasi*. Imperial College Press, 2003.
3. Luque A., Hegedus S. *Fotoelektrik fan va muhandislik bo'yicha qo'llanma*. Wiley, 2011.
4. Dubey S., Sarvaiya J.N., Seshadri B. Quyosh panellarining haroratga bog'liq ishlash xususiyatlari. *Energy Procedia*, 2013.
5. Skoplaki E., Palyvos J.A. Fotoelektrik modullarning haroratga bog'liqligi haqida tadqiqot. *Solar Energy*, 2009.
6. Kumar N., Sudhakar K. Ikki tomonlama quyosh modullarining samaradorligini baholash. *Renewable Energy*, 2015.