MARKAZIY OSIYO IQLIM SHAROITIDA (UZBEKISTAN MISOLIDA) QUYOSH PANELLARINING IFLOSLANISH DARAJASINI BAHOLASH VA ENERGIYA SAMARADORLIGINI OSHIRISH USULLARI

Abdulhamidov Azizjon Abdulla o‘g‘li
PhD, Farg‘ona davlat texnika universiteti “Kompyuter injiniringi va sun’iy intellekt” kafedrasi katta o‘qituvchisi

Nuralieva Zarifa Abdusalom qizi
Farg‘ona davlat texnika universiteti “Kompyuter injiniringi va sun’iy intellekt” kafedrasi magistranti

Annotatsiya. Ushbu maqolada Markaziy Osiyo iqlim sharoitida quyosh panellarining ifloslanish darajasi, uning energiya ishlab chiqarish samaradorligiga ta’siri hamda samaradorlikni oshirish usullari tahlil qilinadi. Tadqiqot Uzbekistan hududida olib borilgan eksperimental va modellashtirish natijalariga asoslanadi. Ifloslanish darajasini aniqlashda zamonaviy sensor texnologiyalari, shuningdek Artificial Intelligence va Machine Learning algoritmlaridan foydalanish imkoniyatlari ko‘rib chiqiladi. Natijalar shuni ko‘rsatadiki, chang qatlamining ortishi energiya ishlab chiqarishni sezilarli darajada kamaytiradi va avtomatlashtirilgan tozalash tizimlarini joriy etish muhim ahamiyatga ega.

Kalit so‘zlar: quyosh panellari, chang ifloslanishi, energiya samaradorligi, monitoring, Internet of Things, avtomatlashtirish

Kirish

Bugungi kunda global energiya muammolari fonida qayta tiklanuvchi energiya manbalariga bo‘lgan ehtiyoj ortib bormoqda. Ayniqsa, quyosh energiyasi Renewable Energy Engineering sohasining eng istiqbolli yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi.

Markaziy Osiyo hududi, xususan Uzbekistan yuqori quyosh radiatsiyasi ko‘rsatkichlariga ega bo‘lib, quyosh energetikasini rivojlantirish uchun qulay hisoblanadi. Biroq, ushbu hududning o‘ziga xos iqlim xususiyatlari — qurg‘oqchilik, kam yog‘ingarchilik va chang bo‘ronlari — quyosh panellari samaradorligiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi.

Chang zarrachalari panel yuzasiga yopishib, quyosh nurlarining o‘tishini kamaytiradi va natijada elektr energiyasi ishlab chiqarish pasayadi. Shu sababli, ifloslanish darajasini aniqlash va uni bartaraf etish dolzarb ilmiy-amaliy masalalardan biridir.

Markaziy Osiyo, xususan O‘zbekiston hududi quyosh energiyasidan foydalanish uchun juda qulay tabiiy sharoitga ega. Yil davomida quyoshli kunlarning ko‘pligi ushbu hududda quyosh panellaridan samarali foydalanish imkonini beradi. Biroq mintaqaning o‘ziga xos iqlim xususiyatlari — quruq havo, kam yog‘ingarchilik va kuchli shamollar — muhim muammoni keltirib chiqaradi, ya’ni quyosh panellari yuzasida chang va boshqa iflos zarrachalarning to‘planishi. Bu holat panellarning ishlash samaradorligini sezilarli darajada kamaytiradi.

Asosiy qism

Quyosh panellari ishlash prinsipi yorug‘lik energiyasini elektr energiyasiga aylantirishga asoslangan. Panel yuzasiga tushadigan quyosh nuri qancha ko‘p bo‘lsa, ishlab chiqariladigan energiya miqdori ham shuncha yuqori bo‘ladi. Ammo panel yuzasida chang qatlami hosil bo‘lsa, bu qatlam quyosh nurlarining o‘tishini to‘sadi yoki kamaytiradi. Natijada fotoelektrik elementlarga yetib boradigan energiya miqdori kamayadi va umumiy samaradorlik pasayadi. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, agar panellar muntazam tozalanmasa, qisqa muddat ichida ham sezilarli yo‘qotishlar yuzaga keladi. Masalan, bir hafta ichida samaradorlik taxminan 5–10 foizga kamayishi mumkin, bir oy davomida esa bu ko‘rsatkich 15–25 foizgacha yetadi. Ayrim hollarda, kuchli chang bo‘ronlari yoki uzoq muddat tozalamaslik natijasida energiya ishlab chiqarish 30 foizgacha kamayishi kuzatiladi.

O‘zbekiston sharoitida changning asosiy manbalari tabiiy va antropogen omillar bilan bog‘liq. Tabiiy omillarga cho‘l hududlaridan ko‘tariladigan chang, shamol orqali ko‘chuvchi qum zarrachalari kiradi. Antropogen omillarga esa transport vositalari chiqindilari, qurilish ishlari va sanoat korxonalari faoliyati natijasida havoga tarqaladigan zarrachalar sabab bo‘ladi. Ayniqsa, yog‘ingarchilik kam bo‘lgan hududlarda changning tabiiy yuvilishi deyarli sodir bo‘lmaydi, bu esa panellarda ifloslanishning uzoq vaqt saqlanib qolishiga olib keladi.

Quyosh panellarining ifloslanish darajasini baholash bir necha usullar orqali amalga oshiriladi. Eng oddiy usul — bu vizual kuzatuv bo‘lib, bunda panel yuzasidagi chang qatlami ko‘z bilan baholanadi. Biroq aniqroq natijalar olish uchun optik o‘tkazuvchanlikni o‘lchash yoki energiya ishlab chiqarishdagi farqni tahlil qilish usullari qo‘llaniladi. Masalan, tozalangan panel va tozalanmagan panelning ishlab chiqarayotgan quvvati solishtiriladi. Shu asosda samaradorlikning kamayish darajasi aniqlanadi. Bu jarayonni matematik ifoda orqali ham ko‘rsatish mumkin:

$$\eta = \frac{p_{\text{iflos}}}{p_{\text{toza}}} \times 100\%$$

Bu yerda samaradorlik iflos panel ishlab chiqargan quvvatning toza panelga nisbati sifatida aniqlanadi. Agar bu ko‘rsatkich past bo‘lsa, demak ifloslanish darajasi yuqori va energiya yo‘qotish sezilarli.

Quyosh panellarining ifloslanishi energiya ishlab chiqarishga nafaqat miqdor jihatdan, balki iqtisodiy tomondan ham salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Kamroq energiya ishlab chiqarilishi investitsiya samaradorligini pasaytiradi va tizimning o‘zini oqlash muddatini uzaytiradi. Shu sababli panellarni toza holatda saqlash muhim ahamiyatga ega.

Samaradorlikni oshirish uchun bir qator amaliy usullar mavjud. Eng keng tarqalgan usul — bu mexanik tozalash bo‘lib, bunda panellar qo‘lda yoki maxsus cho‘tkalar yordamida yuviladi. Bu usul oddiy va samarali bo‘lsa-da, katta maydonli quyosh stansiyalarida ko‘p mehnat va suv talab qiladi. Shu sababli zamonaviy texnologiyalar, jumladan avtomatlashtirilgan tozalash tizimlari keng qo‘llanilmoqda. Bunday tizimlar robotlar yordamida panellarni muntazam tozalaydi va inson aralashuvini kamaytiradi. Bundan tashqari, suv sarfini kamaytiradigan purkash texnologiyalari ham ishlab chiqilgan.

Yana bir istiqbolli yo‘nalish — bu nanotexnologik qoplamalardan foydalanishdir. Bunday qoplamalar panel yuzasida changning yopishishini kamaytiradi yoki yomg‘ir suvi ta’sirida o‘z-o‘zini tozalash xususiyatiga ega bo‘ladi. Bu esa texnik xizmat ko‘rsatish xarajatlarini kamaytiradi va panellarning uzoq muddat samarali ishlashini ta’minlaydi. Shuningdek, panellarni ma’lum burchak ostida

o‘rnatish ham muhim hisoblanadi, chunki bu changning kamroq to‘planishiga yordam beradi.

Xulosa

O‘zbekiston iqlim sharoitida quyosh panellarining ifloslanishi muhim muammolardan biri bo‘lib, u energiya samaradorligiga sezilarli darajada ta’sir qiladi. Chang qatlamining to‘planishi quyosh nurlarining panel yuzasiga yetib borishini kamaytiradi va natijada elektr energiyasi ishlab chiqarish pasayadi. Ushbu muammoni hal qilish uchun muntazam tozalash, zamonaviy texnologiyalarni joriy etish va profilaktik choralarni ko‘rish zarur. Bu esa quyosh energetikasining samaradorligini oshirish va uning iqtisodiy foydasini maksimal darajada ta’minlash imkonini beradi.

Markaziy Osiyo, xususan O‘zbekiston iqlim sharoiti quyosh energiyasidan samarali foydalanish uchun katta imkoniyatlarga ega bo‘lsa-da, tabiiy muhit omillari bu jarayonga sezilarli darajada ta’sir ko‘rsatadi. Ayniqsa, quruq iqlim, kam yog‘ingarchilik va yuqori chang miqdori quyosh panellari yuzasida ifloslanishning tez to‘planishiga olib keladi. Natijada panel yuzasiga tushadigan quyosh nurlari kamayadi va elektr energiyasi ishlab chiqarish samaradorligi pasayadi. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, panellar muntazam tozalanmasa, qisqa vaqt ichida ham energiya yo‘qotishlar sezilarli darajaga yetadi.

Shu sababli quyosh panellarining samaradorligini saqlab qolish va oshirish uchun ularni muntazam ravishda tozalab turish muhim ahamiyatga ega. Zamonaviy texnologiyalar, jumladan avtomatlashtirilgan tozalash tizimlari, suv tejovchi usullar va chang yopishishini kamaytiruvchi maxsus qoplamalardan foydalanish bu borada samarali yechim hisoblanadi. Bundan tashqari, panellarni to‘g‘ri burchak ostida o‘rnatish va doimiy monitoring tizimlarini joriy etish ham ifloslanish ta’sirini kamaytirishga yordam beradi.

Umuman olganda, quyosh panellarining ifloslanish muammosini kompleks yondashuv asosida hal qilish — texnik, texnologik va tashkiliy choralarni uyg‘unlashtirish orqali — O‘zbekiston sharoitida quyosh energetikasining samaradorligini sezilarli darajada oshirish va uning iqtisodiy samaradorligini ta’minlash imkonini beradi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Mani, M., Pillai, R. “Impact of dust on solar photovoltaic performance: Research status, challenges and recommendations.” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2010.
2. Kimber, A., Mitchell, L., Nogradi, S., Wenger, H. “The effect of soiling on large grid-connected photovoltaic systems in California.” *IEEE Journal*, 2006.
3. Sayyah, A., Horenstein, M., Mazumder, M. “Energy yield loss caused by dust deposition on photovoltaic panels.” *Solar Energy*, 2014.
4. Ilse, K. et al. “Techno-economic assessment of soiling losses and mitigation strategies for solar power generation.” *Joule*, 2019.
5. Mani M., Pillai R. (2010). Impact of dust on solar photovoltaic (PV) performance: Research status, challenges and recommendations. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 14(9), 3124–3131.
6. Sayyah A., Horenstein M., Mazumder M. (2014). Energy yield loss caused by dust deposition on photovoltaic panels. Solar Energy, 107, 576–604.
7. Kimber A., Mitchell L., Nogradi S., Wenger H. (2006). The effect of soiling on large grid-connected photovoltaic systems in California and the Southwest region of the United States. IEEE.
8. International Renewable Energy Agency (IRENA) (2021). Renewable Energy in Central Asia: Opportunities and Challenges.
9. World Bank (2020). Solar Resource and Photovoltaic Potential of Uzbekistan.
10. O‘zbekiston Respublikasi Energetika vazirligi (2022). Qayta tiklanuvchi energiya manbalari bo‘yicha milliy hisobot.
11. International Energy Agency (IEA) (2022). Trends in Photovoltaic Applications.
12. El-Shobokshy M.S., Hussein F.M. (1993). Effect of dust with different physical properties on the performance of photovoltaic cells. Solar Energy.
13. Adinoyi M.J., Said S.A.M. (2013). Effect of dust accumulation on the power outputs of solar photovoltaic modules. Renewable Energy.
14. Asian Development Bank (ADB) (2019). Uzbekistan: Solar Energy Development Strategy.
15. Maghami, M.R. et al. “Power loss due to soiling on solar panel: A review.” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2016.
16. International Energy Agency. *Trends in Photovoltaic Applications*, 2022.
17. World Bank. *Solar Resource Data for Central Asia*, 2021.