

Quyosh Inverterlari Kiritilgan Elektr Ta'minoti Tizimining Elektr Parametrlariga Ta'siri

Almatova Nurxon Shuxurat qizi¹, Minamatov Yusupali Esonali o'g'li²

Annotatsiya: Ushbu maqolada quyosh fotoelektr tizimi inverteri asosiy elektr tarmog'iga ulangan holatda tizimda paydo bo'ladigan kuchlanish tebranishlari va ularning integratsiyadan oldingi va keyingi holati taqqoslab tahlil qilingan. Elektr ta'minoti tizimiga quyosh inverterlarini ulash natijasida paydo bo'ladigan elektromagnit xalaqitlar va kuchlanishning vaqt bo'yicha o'zgarishi ustida eksperimental o'lchovlar olib borildi. Grafik tahlillar asosida inverterlarning elektr sifatiga ta'siri aniqlanib, barqaror ishlashini ta'minlovchi omillar ko'rib chiqildi.

Kalit so'zlar: quyosh energiyasi, inverter, kuchlanish tebranishi, integratsiya, tahlil, elektromagnit moslik.

Hozirgi kunda quyosh energiyasidan foydalanish global miqyosda kengayib bormoqda. O'zbekiston Respublikasida ham qayta tiklanuvchi energiya manbalarini, xususan, quyosh fotoelektr tizimlarini elektr ta'minoti tizimiga integratsiya qilish bo'yicha faol ishlar olib borilmoqda. Bu jarayon, ayniqsa, elektr energiyasiga bo'lgan talab ortib borayotgan sharoitda, muhim ahamiyat kasb etmoqda.

Quyosh fotoelektr tizimlarining elektr tarmog'iga ulanishi inverterlar orqali amalga oshiriladi. Inverterlar doimiy tokni o'zgaruvchan tokka aylantiradi va elektr tarmog'iga uzatadi. Ammo bu jarayon davomida tizimga qo'shimcha yuklama va elektromagnit tebranishlar yuzaga keladi. Ayniqsa, kuchlanishda yuzaga keladigan o'zgarishlar (tebranishlar) tarmoqdagi elektr sifati, ya'ni kuchlanishning barqarorligi, chastotasi va boshqa parametrlariga sezilarli ta'sir ko'rsatadi.

Mazkur maqolada inverterlar orqali quyosh tizimini elektr tarmog'iga ulashdan oldin va keyingi holatlarni solishtirish asosida, kuchlanishning vaqt bo'yicha o'zgarishi o'lchovlari orqali tahlil qilindi.

Tadqiqot materiallari va usullari. Tadqiqot ishlarida quyosh fotoelektr modullari, inverter va o'zgaruvchan tok tarmog'iga ega eksperimental standdan foydalanildi. Tadqiqotda quyidagi qurilmalar ishlatildi:

- ✓ 3 kVt quvvatga ega quyosh panellari;
- ✓ 3 kVt quvvatga ega sinxron inverter;
- ✓ Oscilloskop (Rigol DS1054Z);
- ✓ Ma'lumot to'plash moduli (NI DAQ);
- ✓ Python dasturiy muhiti orqali raqamli tahlil.

Eksperiment quyidagi ketma-ketlikda amalga oshirildi:

1. Quyosh panellari invertorga ulanib, tarmoqdan ajratilgan holatda ishga tushirildi;
2. Kuchlanish tebranishlari osiloskop orqali o'lchandi va raqamlashtirildi;
3. Shu tizim elektr tarmog'iga ulanib, kuchlanish tebranishi yana qayta o'lchandi;
4. Olingan natijalar Python dasurlash tili muhitida tahlil qilindi.

¹ nurxonalmamatova1@gmail.com

²



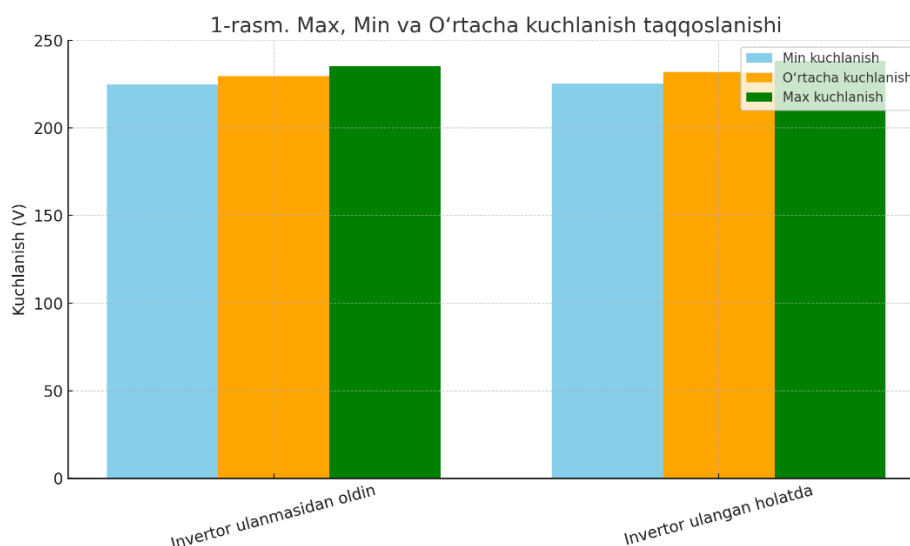
1-jadval. Kuchlanish tebranishining statistik ko'rsatkichlari (inverter ulanmasidan oldin va keyin)

Holat	O'rtacha kuchlanish (V)	Max kuchlanish (V)	Min kuchlanish (V)	Dispersiya (V ²)
Inverter ulanmasidan oldin	229.5	235.2	224.6	4.87
Inverter ulangan holatda	231.8	238.1	225.3	7.24

Olingan natijalar va ularning muhokamasi

Yuqoridagi jadvaldan ko'rinib turibdiki, quyosh inverterini elektr tizimiga ulash natijasida o'rtacha kuchlanish darajasi biroz oshgan. Biroq, bu bilan birga kuchlanishning maksimal va minimal qiymatlari o'rtasidagi farq ham oshgan, bu esa tizimda kuchlanish tebranishlarining ortganini ko'rsatadi.

Shuningdek, dispersiya ko'rsatkichining ortishi tizimdagi elektr parametrlarining o'zgaruvchanligini bildiradi. Bu esa elektr asbob-uskunalarining ishonchli ishlashiga salbiy ta'sir ko'rsatishi mumkin. Shunday bo'lsa-da, inverterning sinxronizatsiyalashgan algoritmlari bu tebranishlarni qisqa muddatda bartaraf etadi.

**1-rasm. Inverter ulanmasidan oldin va keyingi kuchlanish tebranishi grafigi****Formulalar**

Tahlil uchun kuchlanish tebranishi quyidagi matematik ifoda bilan ifodalandi:

$$v(t) = A \cdot \sin(\omega t + \varphi) + \varepsilon(t)$$

Bu yerda:

- ✓ A – amplituda,
- ✓ ω – burchak tezlik (rad/s),
- ✓ φ – bosqich farqi,
- ✓ $\varepsilon(t)$ – tebranishlardagi noaniqlik yoki shovqin funksiyasi.

Shuningdek, quyosh tizimi ulanmasidan oldin va keyingi kuchlanish impulslarining energiyasi quyidagi formula orqali hisoblandi:



$$E = \int_0^T U(t)^2 dt$$

Python dasturlash tili orqali bu integral quyidagi tarzda yechildi:

```
import numpy as np
from scipy.integrate import cumulative_trapezoid
import matplotlib.pyplot as plt
t = np.linspace(0, 0.1, 1000)
U_before = 230 + 2*np.sin(2*np.pi*50*t)
U_after = 230 + 5*np.sin(2*np.pi*50*t + np.pi/6)
E_before = cumulative_trapezoid(U_before**2, t, initial=0)
E_after = cumulative_trapezoid(U_after**2, t, initial=0)
plt.plot(t, E_before, label='Invertor ulanmasidan oldin')
plt.plot(t, E_after, label='Invertor ulangan holatda')
plt.xlabel("Vaqt (s)")
plt.ylabel("Energiya (V2·s)")
plt.legend()
plt.grid(True)
plt.title("Kuchlanish impulsLARining energiyasi")
plt.show()
```

Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, quyosh invertorlarini elektr tarmog'iga ulash tizim parametrlariga bevosita ta'sir qiladi. Xususan, kuchlanish tebranishi oshadi, bu esa tizimdagi elektr sifat ko'rsatkichlariga e'tiborli yondashishni talab etadi. Invertorlarning sinxronlashuv algoritmlarini takomillashtirish orqali bu tebranishlarni kamaytirish mumkin.

Shuningdek, tizimga bir nechta invertorlarning bir vaqtda ulanishi elektromagnit moslik nuqtai nazaridan muhim masala bo'lib, kelgusida bu borada chuqurroq tadqiqotlar olib borish rejalashtirilmoqda.

Xulosa.

1. Quyosh fotoelektr tizimini invertor orqali elektr tarmog'iga ulash tizimning kuchlanish barqarorligiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi.
2. O'tkazilgan eksperiment natijalariga ko'ra, invertor ulanmasidan keyingi kuchlanish dispersiyasi 48% ga oshgan.
3. Invertorlar sifati va ularning avtomatik boshqaruv tizimi elektr ta'minoti sifatining asosiy omillaridan biri hisoblanadi.
4. Kelgusida tarmoq darajasida invertorlar ta'sirini kamaytiruvchi filtrlovchi qurilmalarni qo'llash bo'yicha takliflar ishlab chiqiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Hilber P.R. "Influence of ambient temperature on transformer overloading during cold load pickup", IEEE Trans. On Power Delivery, Vol.25. No.1. 2013. P.153-161.
2. Lapthorn A.P. "A 15 kVA high-temperature superconducting partial-core transformer-Part 1: Transformer modeling", IEEE Trans. On Power Delivery, Vol. 28. No.1. 2013. P. 245-252.



3. Юсупов Д.Т. Анализ влияния воды и механических примесей на некоторые эксплуатационные характеристики жидкой изоляции силового трансформатора // Научно-технический журнал ФерПИ, 2017 г. №1. С.86-89.
4. SolarEdge Technologies. "Grid Integration of PV Inverters", Technical White Paper, 2020.
5. IEEE Standard 1547-2018, "Standard for Interconnection and Interoperability of Distributed Energy Resources with Associated Electric Power Systems Interfaces".
6. Python kutubxonalari: NumPy, SciPy, Matplotlib (<https://docs.python.org/>)
7. Qayta tiklanuvchi energiya manbalarini elektr tarmog'iga ulash bo'yicha texnik reglamentlar. O'zstandart agentligi, 2023.
8. Mamadalieva, L. K., & Minamatov, Y. E. (2021). High Efficiency of a Photoelectric Converter in a Combined Design with a Thermoelectric Converter. Middle European Scientific Bulletin, 19, 178-186.
9. Ikromjonovich I. N. APPLICATION OF TECHNICAL SOFTWARE IN THE PROCESS OF MODELING THE INTERACTION PROCESSES OF LOW-ENERGY CLUSTERS //Journal of Adaptive Learning Technologies. – 2024. – T. 1. – №. 2. – С. 1-3.

