



## 6 KV LI QISHLOQ ELEKTR TARMOQLARI RAQAMLI EGIZAGI MODULLARI VA UNING STRUKTURASINI ISHLAB CHIQISH

Isakov A.J. <sup>1</sup>

Mamarasulova F.S. <sup>2</sup>

Xo'jayorov F.E. <sup>2</sup>

<sup>1</sup> "Toshkent irrigasiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti" Milliy tadqiqot universiteti

<sup>2</sup> I.Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti  
<https://doi.org/10.5281/zenodo.14288060>

### ARTICLE INFO

Qabul qilindi: 01-Dekabr 2024 yil  
Ma'qullandi: 05- Dekabr 2024 yil  
Nashr qilindi: 06- Dekabr 2024 yil

### KEY WORDS

Raqamli egizak, 6 kVli elektr tarmoqlari, statik tahlil, dinamik tahlil, sun'iy intellekt, ekspluatatsiya samaradorlik, optimal elektr ta'minoti, prognozlash, SAIDI, SAIFI

### ABSTRACT

*Maqolada 6 kV li qishloq elektr tarmoqlari uchun raqamli egizak modellarini ishlab chiqishga qaratilgan. Raqamli egizaklar tarmoqning statik va dinamik holatlarini tahlil qilish, prognozlash va optimal elektr ta'minoti sxemasini tanlashga imkon beradi. Sun'iy intellekt texnologiyalari qo'llanilib, ekspluatatsiya jarayonining samaradorligi va iqtisodiy foydaliligi oshirilgan.*

Hozirgi zamon texnologiyalari elektr tarmoqlarini boshqarish, nazorat qilish va optimallashtirishda yangi imkoniyatlar yaratmoqda. Shu jumladan, raqamli egizak texnologiyasi elektr tarmoqlarining samaradorligini oshirish, ishlash barqarorligini ta'minlash va ta'mirlash ishlarini rejalashtirishda katta ahamiyat kasb etmoqda. Raqamli egizaklar real ob'ektlarning virtual modeli bo'lib, ularning holatini kuzatish, tahlil qilish va prognoz qilish imkonini beradi[1-2].

Tadqiqot doirasida 6 kV li qishloq elektr tarmoqlari uchun raqamli egizakni ishlab chiqish va uning modullarini yaratish vazifasi qo'yildi. Mazkur ishlab chiqish jarayonida avtorizatsiya, tarmoq ekspluatatsiya holati va optimal elektr ta'minoti sxemasini baholash kabi modullar alohida o'rganilib, ularning ishlash tamoyillari va algoritmlari ishlab chiqildi. Bu modullar tarmoqning statik va dinamik holatlarini tahlil qilish, tashqi ta'sirlarni nazorat qilish va tarmoqni samarali boshqarish uchun ishlab chiqilgan.

Tarmoq ekspluatatsiya holati moduli tarmoqning mavjud holatini monitoring qilish, standartlarga muvofiq ishlashni ta'minlash va istiqboldagi holatlarni prognoz qilishda muhim ahamiyat kasb etadi. Statik va dinamik tahlillar submodullari orqali yuklanish parametrlari, SAIDI va SAIFI ko'rsatgichlari kabi muhim parametrlar tahlil qilinadi va prognoz qilinadi. Shu bilan birga, FNN sun'iy intellekt texnologiyasi yordamida ma'lumotlarni tahlil qilish va saqlash amalga oshiriladi[3-5].

Tashqi ta'sir nazorati moduli xalqaro standartlar, ob-havo ma'lumotlari va real vaqt ma'lumotlariga asoslangan holda tarmoqning xavfsiz va barqaror ishlashini ta'minlaydi. Optimal elektr ta'minoti sxemasi va tarmoqni baholash moduli esa tarmoqning joriy holatini

baholash va eng samarali ta'minot sxemasini tanlash uchun ishlab chiqilgan.

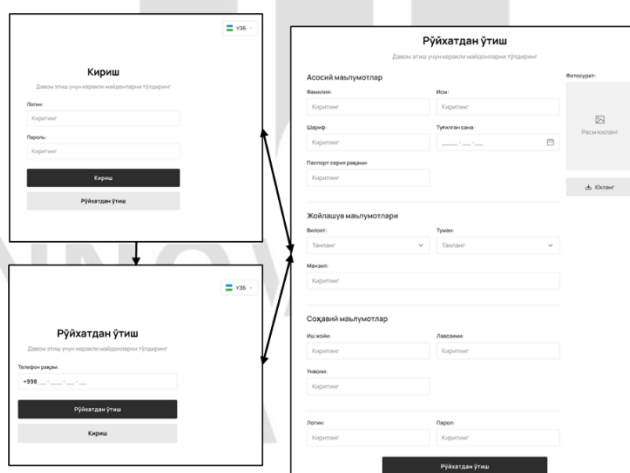
Shunday qilib, 6 kV li qishloq elektr tarmoqlari uchun raqamli egizak texnologiyasini qo'llash nafaqat tarmoq ekspluatatsiyasi samaradorligini oshiradi, balki uning iqtisodiy samaradorligini ham ta'minlaydi. Ushbu tadqiqot natijalari qishloq elektr tarmoqlari boshqaruvida yangi bosqichni ochib beradi va ularni yanada barqaror qilishga xizmat qiladi.

**Yechiladigan muammo va masalaning qo'yilishi.** Tadqiqot davomida 6 kV li qishloq elektr tarmoqlari raqamli egizagini tashkil etuvchi ishlab chiqilgan usullar, algoritmlar va logik sxemalar asosida ishlab chiqiladi. 6 kv li qishloq elektr tarmoqlari raqamli egizagi va uni qo'llashning iqtisodiy samarasini hisoblash uchun dastlab 6 kV li qishloq elektr tarmoqlari raqamli egizakni tashkil etuvchi modular va ularga qo'yilgan masalaning echish usullarini ishlab chiqish bo'yicha ish olib boriladi.

Raqamli egizakning quyidagi modullardan tashkil topgan[6-8]:

1. Avtorizatsiya moduli;
2. Tarmoq ekspluatatsiya holati moduli;
3. Optimal elektr ta'minoti sxemasi va tarmoqni baholash moduli;

Avtorizatsiya moduli standart ro'yxatdan o'tish va "kuki" himoya tizimlari asosida ishlab chiqilgan (1-rasm).



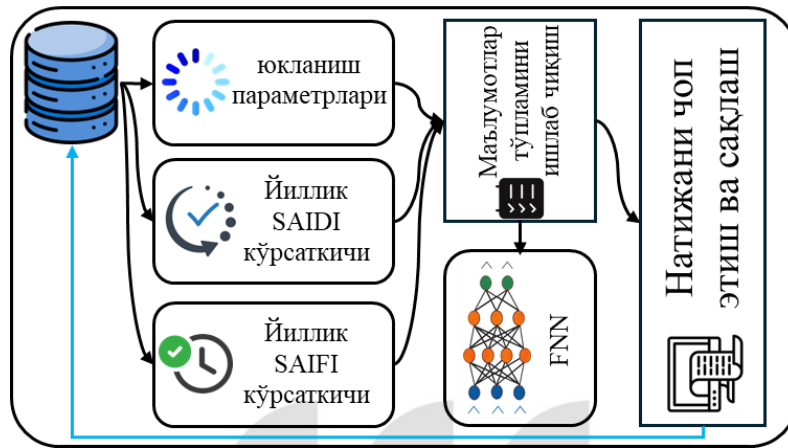
**1-рasm. Avtorizatsiya moduli interfeyslarining o'zaro bog'liqlik strukturasi.**

Tarmoq ekspluatatsiya holati moduli esa eng asosiy modullardan bo'lib, raqamli egizak yordamida qishloq elektr tarmoqlarining ekspluatasion holatini monitoring qilish, o'rnatilgan standartlarga asosan tarmoqda ishni tashkil etish, bo'lishi mumkin bo'lgan holatlarni oldindan prognoz qilish imkonini beradi. Tarmoq ekspluatatsiya holati uni bajaradigan amallariga ko'ra uch guruhga bo'lingan holda tashkil etilgan:

1. Statik holat tahlillari submoduli;
2. Dinamik holat tahlillari submoduli;
3. Tashqi ta'sir nazorati submoduli.

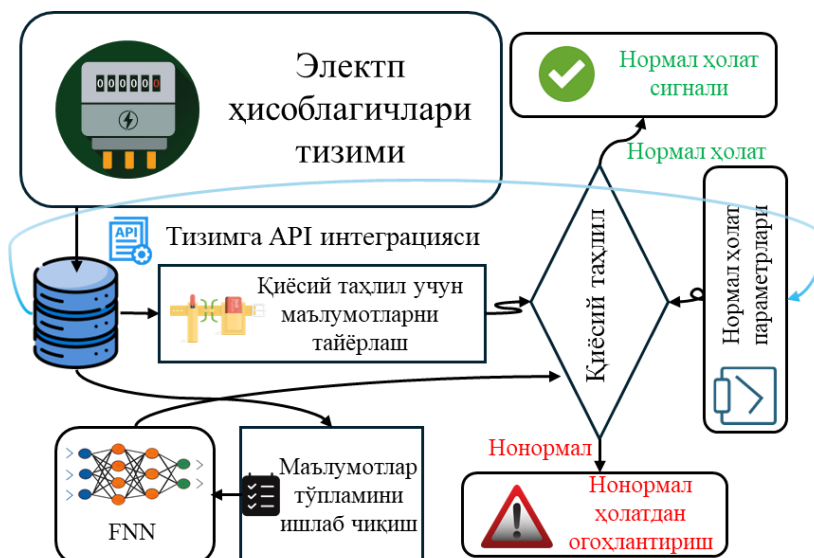
Statik holat tahlillari submoduli 6kVli qishloq elektr tarmoqlarining oldingi, joriy va kelajakdagi ekspluatasion holatlarini tahlil qilish uchun qo'llanilib, 1-rasmda keltirilgan blok-sxema asosida ishlaydi. Bunda 1-rasmda keltirilgan blok-sxemaga asosan, dastlab ma'lumotlar bazasi bilan kiruvchi ma'lumotlarni qabul qilinib, yuklanish parametrlari, SAIDI va SAIFI ko'rsatgichlarini hisoblash funksiyalari ish boshlaydi. Hisoblangan qiymatlar asosida

ma'lumotlar to'plami ishlab chiqilib, keyingi holatlarda yuklanish parametrlari, SAIDI va SAIFI ko'rsatgichlarini prognoz qilish uchun kiruvchi qiymatlar sifatida FNN neyron tarmog'iga yuboriladi. FNN submoduli natijasini chop etish va saqlash submoduli qabul qiladi va qabul qilingan qiymatlarni bir vaqtda chop etish bilan bir qatorda uni ma'lumotlar bazasida saqlaydi.



**2-rasm. Tarmoq eksplutasiya holati modulining statik holat tahlillari submodulining ishlash tamoyili**

Dinamik holat tahlillari submodulida tarmoqning doimiy ravishda o'zgaruvchi oniy parametrlari nazorat qilinadi va belgilangan normal ish parametrlaridan qanchalik darajada farq qilishi tekshiriladi. Shu bilan birga ushbu submodulda yordamida yig'ilgan ma'lumotlar bevosita FNN sun'iy intellekti bilan bog'langan bo'lib, keyingi har 10 soatlik vaqtlar oralig'ida kutilayotgan jarayonlar prognoz asosida tahlil etib boriladi (3-rasm). 3-rasmda keltirilgan dinamik holat tahlillari submoduli ishlash tamoyilida sun'iy intellekt natijalari ham qiyosiy tahlil funksiyasi bilan bog'langan. Chunki keyingi kutilayotgan holatga baho berish prognoz qilingan qiymatning normal holat parametrlari bilan taqqoslash orqali amalga oshiriladi. Bu holatni kuchlanish misolida ko'riladigan bo'linsa, ma'lumki kuchlanish og'ishiga  $-5\% + 10\%$  ga ruxsat etiladi.



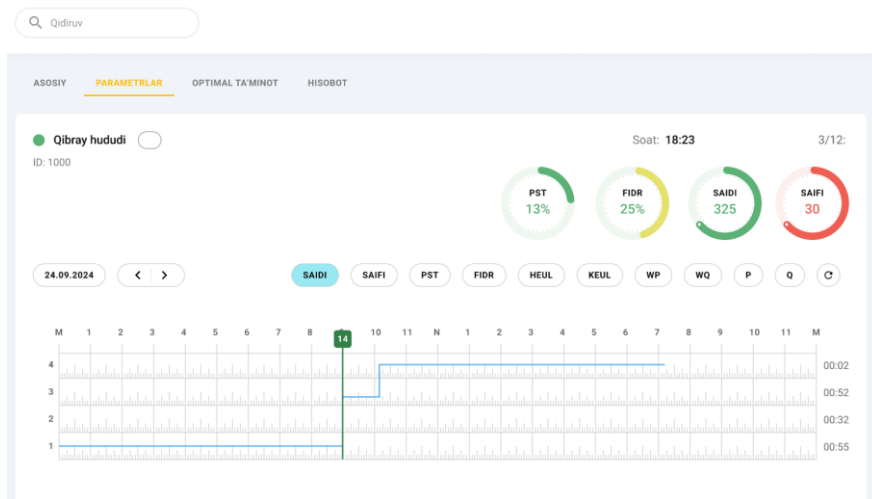
### 3-rasm. Tarmoq eksplutasiya holati modulining dinamik holat tahlillari submodulining ishlash tamoyili

Joriy kuchlanish qiymati  $U_i$  ham, prognoz kuchlanish qiymati  $U_j$   $U_0$  normal kuchlanish qiymatiga ko'ra quyidagicha taqqoslanali:

$$\delta U_i = \left| \frac{U_0 - U_i}{U_0} \right| \cdot 100\% \quad (1)$$

$$\delta U_j = \left| \frac{U_0 - U_j}{U_0} \right| \cdot 100\% \quad (3)$$

Ushbu Statik va dinamik holat submodullari natijalari 4-rasmda keltirilgan tarmoq eksplutasiya holati modulining statik dinamik holat tahlillari submodullari interfeysida chop etiladi. 4-rasmda keltirilgan interfeysning o'ng tomonda keltirilgan indikatorlar dissertasiyaning 3-bobida ishlab chiqilgan chegaralar asosida hisoblanadi va ogohlantirish berish uchun ishlatiladi. Ushbu interfeys tarmoqning holatini osongina tahlil etish imkonini beradi.

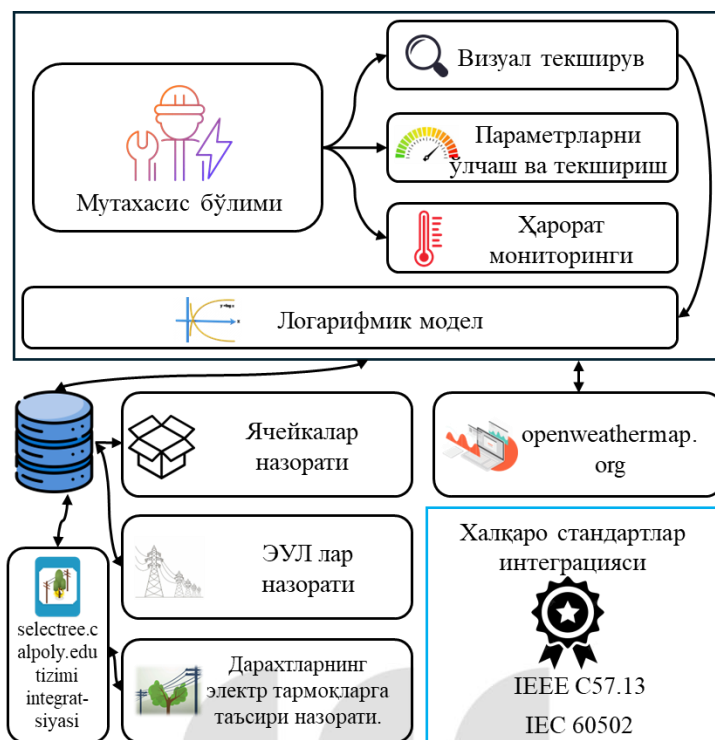


### 4-rasm. Tarmoq eksplutasiya holati modulining statik dinamik holat tahlillari submodullari interfeysi

Tashqi ta'sir nazorati submoduli dissertasiyaning 3.3-kichik bo'limida keltirilgan modellar asosida ishlab chiqilgan. Bunda uning ishlash tamoyili 5-rasmda keltirilgan blok-sxema asosida amalga oshiriladi. Ushbu blok sxemaga asosan ma'lumotlar ikki xil manba asosida to'yinadi:

1. Integrasiya ma'lumotlari;
2. Raqamli egizak ma'lumotlar ba'zasi.

Xalqaro standartlar, ob-havo ma'lumotlari va prognozi, daraxtning xususiy parametrlari kabi ma'lumotlar integrasiya asosida qabul qilinadi. Doimiy ravishda 6kV li elektr tarmoqlari mutaxasisi tomonidan amalga oshirilgan tekshiruvlar natijasi raqamli egizak ma'lumotlar ba'zasida yig'iladi va tegishli nazorat qismlariga integrasiya asosida uzatiladi.



**5-rasm. Tarmoq ekspluatatsiya holati modulining tashqi ta'sir nazorati submodulining ishlash tamoyili**

Optimal elektr ta'minoti sxemasi va tarmoqni baholash moduli bajarilishiga ko'ra uchta: ma'lumotlar bazasini ishlab chiqish, joriy holatni baholash, optimal tarmoq sxemasini tanlash submodullariga bo'linadi. Ma'lumotlar bazasini ishlab chiqish dissertasiyaning ma'lumotlar bazasini ishlab chiqish logik sxemasiga asosan tashkil etiladi. Kiritilgan ma'lumotlar asosida google xartasiga integratsiyalash asosida 6kV li qishloq elektr tarmoqlarining raqamli egizagi ishlab chiqiladi. Uni ishlab chiqish tamoyili 6-rasmda keltirilgan struktura asosida amalga oshiriladi.



**6-rasm. Optimal elektr ta'minoti sxemasi va tarmoqni baholash modulining ishlash tamoyili**

Optimal elektr ta'minoti sxemasi va tarmoqni baholash moduli tizimning joriy holatini oson baholash va ta'minot uchun optimal sxemani tanlash imkoninini beradi. Ushbu o'rinda transformatorlaning yuklanish koeffitsienti va EULLarining to'g'ri tanlanganligi ham nazorat qilinib, ushbu qurilmalar va EULLarni to'g'ri tanlanganligi bo'yicha indikator signallari berib boriladi.

**Natija va xulosa.** 6 kV li qishloq elektr tarmoqlari uchun raqamli egizak texnologiyasining qo'llanilishi tarmoqning real vaqtdagi holatini monitoring qilish, tahlil qilish va prognoz qilish imkonini berib, ekspluatasiya jarayonini samarali boshqarish va istiqboldagi holatlarni oldindan baholash imkoniyatini yaratdi.

Tadqiqotda FNN sun'iy intellekt texnologiyasidan foydalanish tarmoqning statik va dinamik holatlarini aniq tahlil qilish, yuklanish parametrlarini prognozlash va aniqlikni oshirishda muhim ahamiyat kasb etdi. Bu tarmoq ishonchliligini ta'minlashda va iqtisodiy samaradorlikni oshirishda katta rol o'ynadi.

Raqamli egizak texnologiyasini joriy qilish elektr tarmoqlarida yuzaga kelishi mumkin bo'lgan avariya holatlarini kamaytirish, ekspluatasiya xarajatlarini qisqartirish va energiya ta'minotini optimallashtirish orqali iqtisodiy samaradorlikni oshirdi. Shu bilan birga, optimal elektr ta'minoti sxemalarini ishlab chiqish tarmoq ishlash barqarorligini ta'minladi.

#### Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Samad, T., & Harjunkoski, I. (2018). Control and optimization meet the smart grid. *IEEE Control Systems Magazine*, 32(2), 23-25. <https://doi.org/10.1109/MCS.2012.2194130>
2. Zhou, Q., Zhang, C., & Ding, J. (2017). Predictive maintenance framework for power equipment using digital twin. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 53(6), 6146-6155. <https://doi.org/10.1109/TIA.2017.2733541>
3. Sharma, A., Tran, B., Chilamkurti, N., & Alahakoon, D. (2023). A comprehensive review of digital twin technology for grid-connected microgrid systems: State of the art, potential, and challenges faced. *Energies*, 16(14), 5525. <https://doi.org/10.3390/en16145525>
4. Wang, Y., & Jiang, C. (2022). Digital twins for power generation and distribution: A review. *International Journal of Information Security*. <https://doi.org/10.1007/s10207-022-00670-9>
5. Qurbonov, N. N. (2023). Energiya resurslari ishlatilishi samaradorligini baholash usullari va algoritmlari [Texnika fanlari bo'yicha PhD dissertatsiyasi, Toshkent Davlat Texnika Universiteti].
6. Bazmohammadi, N., Khorasani, R., & Maroufmashat, A. (2021). Digital twin for electric energy systems: A new era of digitization. *IEEE Smart Grid*. Retrieved from <https://smartgrid.ieee.org>
7. Siemens. (2020). Electrical digital twin: Optimizing grid management. Siemens Energy. Retrieved from <https://www.siemens.com>
8. Liu, Y., & Sun, L. (2023). Digital twin for advanced automation of future smart grids. *IEEE Xplore*. <https://ieeexplore.ieee.org>