Qabul qilindi: 3-oktabr 2026-yil • Ma’qullandi: 7-oktabr 2026-yil • Nashr qilindi: 13-oktabr 2026-yil

ELEKTR TAQSIMLASH TARMOQLARINING SAMARADORLIGI VA ISHONCHLILIGINI OSHIRISH UCHUN ELEKTR TRANSPORT VOSITALARINI AQLLI QUVVATLASH VA QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARINI SUN’IY INTELLEKT ASOSIDA MUVOFIQLASHTIRIB BOSHQARISH USULINI ISHLAB CHIQISH.

Rashidov Jahongir O‘tkir o‘g‘li
"TIQXMMI" Milliy Tadqiqot Universiteti, magistr
E-mail: @jahongirrashidov210404@gmail.com, tel.: +998932257505

Annotatsiya. Ushbu tezisda elektr transport vositalarini (ETV) zaryadlashni quyosh va shamol kabi qayta tiklanuvchi energiya manbalari bilan uyg‘unlashtirib boshqarishning sun’iy intellekt (SI) asosidagi tizimi taklif etiladi. Elektr transporti ommalashgani sari nazoratsiz zaryadlash taqsimlash tarmog‘iga yuk tushiradi: kechki cho‘qqi yuklama oshadi, kuchlanish me’yordan chiqadi, transformatorlar qizib ketadi. Taklif etilayotgan tizim to‘rt qismdan iborat: ma’lumotlar qatlami, prognozlash moduli, SI asosida zaryadlash jadvalini tuzuvchi koordinatsiya moduli va tarmoq cheklovlarini tekshiruvchi xavfsizlik qatlami. Tizimning yangi tomonlari uchta. Birinchidan, ETV zaryadlash va qayta tiklanuvchi generatsiya yagona optimallashtirish masalasida birga ko‘riladi. Ikkinchidan, SI qaroriga tarmoq cheklovlari bo‘yicha majburiy tekshiruv qo‘yiladi. Uchinchidan, samaradorlik va ishonchlilik alohida ko‘rsatkichlar bilan baholanadi.

Kalit so‘zlar: elektr transport vositalari, uyg‘unlashtirilgan zaryadlash, qayta tiklanuvchi energiya, sun’iy intellekt, taqsimlash tarmog‘i, chuqur kuchaytirib o‘rgatish, ishonchlilik.

Kirish. So‘nggi yillarda dunyoda, jumladan mamlakatimizda ham elektr transport vositalari soni tez o‘smoqda. Shu bilan birga energetika sohasida quyosh va shamol elektr stansiyalarini rivojlantirishga katta e’tibor qaratilmoqda. Ikkala jarayon ham taqsimlash

tarmoqlariga yangi talablar qo‘yadi. ETV zaryadlash yuklamasi ko‘pincha kechki soatlarda to‘planadi va mavjud cho‘qqi yuklamaga qo‘shiladi [3]. Quyosh generatsiyasi esa kunduzi eng yuqori bo‘ladi, kechqurun kamayadi. Natijada ETV yuklamasi va qayta tiklanuvchi generatsiya vaqt bo‘yicha mos kelmaydi.

Nazoratsiz zaryadlash quyidagi muammolarni keltirib chiqaradi: liniyalardagi quvvat yo‘qotishlarining ortishi, kuchlanishning ruxsat etilgan chegaradan chiqishi, taqsimlash transformatorlarining ortiqcha yuklanishi va ularning ishlash muddatining qisqarishi, shuningdek, qayta tiklanuvchi energiyaning bir qismi ishlatilmay qolishi. Mavjud tadqiqotlarda ETV zaryadlashni boshqarish va qayta tiklanuvchi energiyani boshqarish ko‘pincha alohida masala sifatida ko‘riladi. Qoidaga asoslangan boshqaruv usullari esa o‘zgaruvchan sharoitlarga (ob-havo, narx, ETV kelish vaqti) yaxshi moslashmaydi. SI usullari, xususan prognozlash modellari va kuchaytirib o‘rgatish bu cheklovlarni yengishga imkon beradi [4]. Biroq SI qarori tarmoq cheklovlarini buzmasligi kafolatlanishi kerak. Shuning uchun tadqiqot maqsadi ETV zaryadlash va qayta tiklanuvchi energiyani SI yordamida birgalikda boshqaradigan, tarmoq ishonchliligini hisobga oluvchi tizimni asoslashdan iborat.

Asosiy qism. *Masalaning qo‘yilishi.* Boshqaruv masalasi har bir vaqt oralig‘i t uchun ETV zaryadlash quvvati P_ev(t) va qayta tiklanuvchi manbalar quvvatini tanlashdan iborat. Maqsad funksiyasi quyidagi tarkibiy qismlarning vaznli yig‘indisi sifatida yoziladi:

$$J = w_1 \cdot \Sigma P_yo‘qotish(t) + w_2 \cdot \Sigma \Delta V(t) + w_3 \cdot \Sigma C(t) + w_4 \cdot P_cho‘qqi$$

bunda P_yo‘qotish tarmoqdagi aktiv quvvat yo‘qotishlari, ΔV kuchlanishning nominaldan chetlanishi, C energiya xarajati, P_cho‘qqi esa cho‘qqi yuklama. Cheklovlar:

– tugunlardagi kuchlanish ruxsat etilgan oraliqda bo‘ladi (masalan, $0{,}95 \le V \le 1{,}05$ nisbiy birlikda);

– liniya va transformator yuklamasi nominal quvvatdan oshmaydi;

– har bir ETV uchun zaryadlash quvvati uskuna chegarasida, batareya zaryadi (SOC) esa ketish vaqtigacha foydalanuvchi talab qilgan darajaga yetadi;

– qayta tiklanuvchi generatsiyani cheklash faqat zarur holatda qo‘llanadi.

Tizim tuzilmasi. Tizim to‘rt qatlamdan iborat:

1. **Ma’lumotlar qatlami.** Tarmoq yuklamasi, quyosh nurlanishi va shamol tezligi, elektr narxi, ETV kelish va ketish vaqtlari hamda boshlang‘ich SOC to‘planadi. Ochiq ETV zaryadlash ma’lumotlar to‘plamlaridan foydalanish mumkin [5].

2. **Prognozlash moduli.** Yuklama, qayta tiklanuvchi generatsiya va ETV talabi qisqa muddatga bashorat qilinadi (masalan, LSTM turidagi tarmoqlar yordamida).

3. **Koordinatsiya moduli.** Kuchaytirib o‘rgatish agenti [2] yoki model asosidagi prediktiv boshqaruv (MPC) holat vektori bo‘yicha (vaqt, prognoz, tarmoq holati, ETVlar SOC) zaryadlash jadvalini tuzadi.

4. **Xavfsizlik qatlami.** Taklif etilgan jadval quvvat oqimi hisobi bilan tekshiriladi. Cheklov buzilsa, harakat tuzatiladi yoki xavfsiz zaxira qoidasiga o‘tiladi. Shu tufayli SI xatosi tarmoq ishonchliligiga ta’sir qilmaydi.

Ish algoritmi (psevdokod).

```
har bir vaqt oralig‘i t uchun:
  prognoz = bashorat(yuklama, generatsiya, ETV_talabi)
  holat = (t, prognoz, tarmoq_holati, SOC)
  jadval = agent(holat)
  natija = quvvat_oqimi(jadval)
  agar natija cheklovlarni buzsa:
     jadval = tuzatish(jadval)
  qo‘llash(jadval)
  mukofot = -J(natija)
  agentni_yangilash(mukofot)
```

Tekshirish rejasi. Tizimni IEEE 33-tugunli yoki 69-tugunli standart taqsimlash tarmog‘i modelida simulyatsiya qilish taklif etiladi. Quyidagi uchta rejim solishtiriladi: (a) nazoratsiz zaryadlash, (b) qoidaga asoslangan boshqaruv, (v) taklif etilgan SI asosidagi tizim. Samaradorlik 1-jadvaldagi mezonlar bilan baholanadi.

1-jadval

Samaradorlik va ishonchlilikni baholash mezonlari

Mezon	Ko‘rsatkich	Baholash vositasi
Quvvat yo‘qotishlari	Sutkalik aktiv quvvat yo‘qotishlari, kVt·soat	Quvvat oqimi hisobi
Kuchlanish sifati	Ruxsat etilgan chegaradan chiqqan tugun-soatlar ulushi	Simulyatsiya natijalari
Cho‘qqi yuklama	Cho‘qqining o‘rtacha yuklamaga nisbati	Yuklama grafigi
Transformator yuklamasi	Nominal quvvatdan oshgan vaqt ulushi	Simulyatsiya natijalari
Qayta tiklanuvchi energiyadan foydalanish	Ishlatilgan generatsiya ulushi	Energiya balansi
ETV foydalanuvchisi qoniqishi	Ketish vaqtida talab qilingan SOCga erishgan ETVlar ulushi	Zaryadlash jurnali
Ishonchlilik	SAIDI, SAIFI yoki uzilish ehtimoli	Ishonchlilik tahlili

Natijalar bir necha stsenariy (ETV soni, yil fasli, ob-havo) bo‘yicha takrorlanadi va statistik usullar bilan qayta ishlanadi.

Xulosa. Taklif etilgan tizim ETV zaryadlash va qayta tiklanuvchi energiyani yagona SI asosidagi boshqaruvga birlashtiradi. Prognozlash, koordinatsiya va xavfsizlik qatlamlari birga ishlagani uchun tizim tarmoq samaradorligini (yo‘qotishlar, cho‘qqi yuklama) oshirishga va ishonchlilikni (kuchlanish va yuklama cheklovlari) saqlashga mo‘ljallangan.

Metodikaning ilmiy yangiligi shundaki, SI qarori majburiy tarmoq tekshiruvidan o‘tadi va natija ham samaradorlik, ham ishonchlilik ko‘rsatkichlari bilan baholanadi. Shu bilan birga, tizimning samaradorligi hozircha nazariy asoslangan va simulyatsiya hamda real ma’lumotlar bilan tasdiqlanishi kerak. Keyingi tadqiqotlarda turli SI algoritmlarini solishtirish, ETVdan tarmoqqa energiya qaytarish (V2G) imkoniyatini qo‘shish va mahalliy sharoitlarga moslashtirish rejalashtirilgan.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2024-yil 14-oktabrdagi PQ-358-son «Sun’iy intellekt texnologiyalarini 2030-yilga qadar rivojlantirish strategiyasini tasdiqlash to‘g‘risida»gi qarori. Lex.uz milliy qonunchilik ma’lumotlari bazasi.

2. Mnih V. va boshq. Human-level control through deep reinforcement learning // Nature, 2015, 518, 529–533.

3. Clement-Nyns K., Haesen E., Driesen J. The impact of charging plug-in hybrid electric vehicles on a residential distribution grid // IEEE Transactions on Power Systems, 2010, 25(1), 371–380.

4. [Kuchaytirib o‘rgatish yoki ETV zaryadlash bo‘yicha so‘nggi sharh maqolani shu yerga qo‘shing.]

5. Lee Z.J., Li T., Low S.H. ACN-Data: Analysis and applications of an open EV charging dataset // Proceedings of ACM e-Energy, 2019.

6. [O‘zbekiston qayta tiklanuvchi energetika yoki ETV sohasidagi qaror/hisobot — Lex.uz yoki Energetika vazirligi manbasi.]