

ELEKTROMOBILLARNI QUVVATLASHNING SHAHAR ELEKTR TA'MINOTI TIZIMIGA TA'SIRI

S.E.Qurbonazarov¹

D.D.Sheraliyev²

A.B.Binayev³

S.M.Ochilov³

¹ Termiz davlat muhandislik va
agrotexnologiyalar universiteti katta o'qituvchisi

² Termiz davlat muhandislik va
agrotexnologiyalar universiteti assistenti

³ Termiz davlat muhandislik va
agrotexnologiyalar universiteti talabasi

abdulazizbinayev@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu tadqiqot elektromobillar sonining O'zbekistonda davlat darajasida jadal rag'batlantirilishi sharoitida shahar elektr ta'minoti tizimiga ko'rsatuvchi texnik va tizimli ta'sirini baholashga qaratilgan. Tahlilning normativ asosini PF-60 (2022) bilan tasdiqlangan Taraqqiyot strategiyasi hamda PQ-443 (2022) qarorida belgilangan elektromobil ishlab chiqarishni kengaytirish siyosati tashkil etdi. Shahar tipidagi 6–10/0,4 kV taqsimlash tarmoqlari misolida quvvatlash yuklamalari deterministik va yarim-stoxastik modellar asosida baholandi. 7 kVt o'zgaruvchan tokli, 22 kVt o'zgaruvchan tokli va 60-150 kVt o'zgarmas tokli quvvatlash kategoriyalari uchun aktiv quvvat yo'qotishlari, kuchlanish pasayishi va transformatorlarning termik yuklanish ko'rsatkichlari hisoblab chiqildi. Natijalar elektromobillar ulushining 20-40% gacha oshishi sharoitida transformator yuklamasining 22-65% ortishi, kabel liniyalaridagi aktiv isroflarning 11-28% oshishi va past kuchlanish tarmoqlarida 12-17% gacha kuchlanish pasayishi mumkinligini ko'rsatdi. Shu bilan birga, elektromobillar yillik iste'molining 1,1 TVt*soat dan oshishi shahar energetik balansiga sezilarli ta'sir ko'rsatishi aniqlangan. Tadqiqot PF-60 va PQ-443 bilan bog'liq elektromobil o'sishining tezlashishi mavjud infratuzilmaning modernizatsiya qilinishi zaruriyatini ilmiy jihatdan asoslaydi hamda shahar elektr tarmoqlarini transformatsiya qilish bo'yicha strategik tavsiyalarni taklif etadi.

Kalit so'zlar: elektromobil; quvvatlash infratuzilmasi; shahar elektr tarmoqlari; yuklama modellashtirish; PF-60 strategiyasi; PQ-443 qarori; transformator yuklanishi; kuchlanish barqarorligi; aktiv isroflar; tezkor quvvatlash stansiyalari; energiya tizimlari modernizatsiyasi.

Kirish

Elektromobil transporti dunyo miqyosida jadal rivojlanmoqda va shahar elektr ta'minoti tizimlarida yangi texnik chaqiriqlarni yuzaga keltirmoqda. Xalqaro Energetika Agentligi (IEA, 2024) ma'lumotiga ko'ra, elektromobillar ulushi 2030-yilga borib 240 milliondan oshishi kutilmoqda. Bu jarayon, ayniqsa, urbanizatsiya darajasi yuqori mamlakatlarda elektr taqsimlash tarmoqlarining yuklanish rejimiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi.

O'zbekistonda so'nggi yillarda elektromobil sohasi rivojiga davlat darajasida katta e'tibor qaratilmoqda. PF-60 (2022-yil 28-yanvar) bilan tasdiqlangan 2022-2026 yillarga mo'ljallangan Taraqqiyot Strategiyasida ekologik toza transport ulushini oshirish, shaharlarning uglerod izini kamaytirish va elektr transporti uchun qulay infratuzilma yaratish vazifalari belgilangan.

Strategiyada elektr transportini rivojlantirish bilan birga, unga xizmat ko'rsatadigan quvvatlash infratuzilmasini kengaytirish, elektr energiyasi iste'moli samaradorligini oshirish va energiya ta'minoti tizimlarini optimallashtirish ustuvor yo'nalish sifatida ko'rsatiladi.

Elektromobillar ishlab chiqarilishini qo'llab-quvvatlashga doir eng muhim hujjatlardan biri PQ-443 (2022-yil 19-dekabr) hisoblanadi. Qarorda:

- elektromobillar ishlab chiqaruvchilar uchun soliq va bojxona imtiyozlari;
- mahalliy elektromobil industriyasi uchun qo'llab-quvvatlash mexanizmlari;
- elektromobillar sonining o'sishi bilan bog'liq infratuzilma talablarini shakllantirish;
- elektr ta'minoti tizimining yangi yuklamalarga moslashuvi kabi bandlar belgilangan.

Bu ikki hujjat elektromobil sonining tez o'sishi uchun iqtisodiy va institutsional sharoit yaratadi, natijada shahar elektr tarmoqlariga tushadigan yuklama real ravishda rivojlanish sur'atidan tezroq ortishi mumkin.

Metodologiya

Normativ-huquqiy asos. Tadqiqotning normativ-huquqiy bazasi O'zbekiston Respublikasida elektromobil transporti va energiya tizimlari sohasini tartibga soluvchi ikki asosiy strategik hujjatga tayandi. Birinchisi, **PF-60 (2022)** bilan tasdiqlangan 2022–2026 yillarga mo'ljallangan Taraqqiyot Strategiyasi bo'lib, unda yashil transport ulushini oshirish, ekologik barqarorlikni kuchaytirish va transport energetikasini modernizatsiya qilish ustuvor yo'nalish sifatida belgilangan. Ikkinchisi, **PQ-443 (2022)** qarori elektromobillar ishlab chiqarishni rag'batlantirish, ichki bozorda elektromobillar sonining o'sishini qo'llab-quvvatlash hamda transport sektoridagi elektr yuklamalarining kelgusidagi oshish dinamikasini belgilovchi omil sifatida qaraladi.

Mazkur hujjatlarda koʻzda tutilgan strategik maqsadlar asosida elektromobillar sonining istiqboldagi oʻsish surʼatlari baholandi va ushbu oʻsish sharoitida shahar elektr taʼminoti tizimlarida yuzaga keladigan yuklama oʻzgarishi modellastirildi.

Texnik modellastirish. Shahar turidagi 6-10/0,4 kV taqsimlash tarmoqlariga elektromobil quvvatlash punktlarining taʼsirini baholash uchun yuklama modellari ishlab chiqildi. Modellastirishda elektromobillar uchun keng tarqalgan quvvatlash quvvatlari quyidagi kategoriyalar boʻyicha tasniflandi:

- **7 kVt oʻzgaruvchan tokda ishlovchi quvvatlash qurilmasi:** uy sharoitidagi bir fazali quvvatlash qurilmalari
- **22 kVt oʻzgaruvchan tokda ishlovchi quvvatlash qurilmasi:** jamoat joylari uchun moʻljallangan uch fazali quvvatlash qurilmalari
- **60-150 kVt oʻzgaruvchan tokda ishlovchi quvvatlash qurilmasi:** tezkor quvvatlash stansiyalari

Shahar tarmogʻiga elektromobil yuklamasining taʼsiri quyidagi asosiy elektromexanik va energetik tenglamalar yordamida hisoblandi:

a) liniya boʻyicha aktiv quvvat yoʻqotishlari:

$$P_{yoʻq}^{liniya} = I^2 R$$

b) kuchlanish pasayishi:

$$\Delta U = I(R \cdot \cos\varphi + X \cdot \sin\varphi)$$

c) yillik energiya isteʼmoli

$$W_{EM} = N \cdot W_{kun} \cdot 365$$

bu yerda: N – elektromobillari soni, [dona]; W_{kun} – bitta elektromobilning oʻrtacha kunlik energiya sarfi, [kVt · soat].

Hisoblashda tokning oshishi bilan yoʻqotishlarning kvadratik ortishi, shuningdek, quvvatlash quvvatining oshishi transformator va kabel liniyalarida termik yuklamani kuchaytirishi inobatga olindi.

Ssenariylar. Elektromobillar sonining oʻsishi boʻyicha ssenariylar PF-60 strategiyasida koʻzda tutilgan ekologik indikatorlar hamda PQ-443 qarorida berilgan iqtisodiy ragʻbatlantirish choralari bilan uzviy bogʻliq holda shakllantirildi. Shunga koʻra, quyidagi uchta rivojlanish ssenariysi qabul qilindi:

- **Ssenariy A (5%):** elektromobillar bozorda past intensivlik bilan oʻsadi, quvvatlash yuklamasi mavjud shahar tarmoqlariga sezilarli taʼsir koʻrsatmaydi.
- **Ssenariy B (20%):** davlat siyosatining amaldagi choralaridan kelib chiqib elektromobillar ulushi sezilarli oʻsadi, taqsimlash tarmoqlarida pik yuklama va isroflar keskin ortadi.
- **Ssenariy C (40%):** PQ-443 orqali ishlab chiqarish hajmining tez kengayishi natijasida elektromobil ulushi keskin oshadi, bu esa transformatorlar termik

yuklamasining oshishi, kuchlanishning pasayishi va tarmoqlarining modernizatsiyasini talab qiluvchi holatlarni yuzaga keltiradi.

Har bir ssenariy bo'yicha yuklama profilining vaqt bo'yicha taqsimoti, tok zichligi, aktiv isroflar, transformator ortiqcha yuklanishi va kuchlanish barqarorligining buzilish darajasi alohida baholandi. Model parametrlarining o'zgaruvchanligi (sensitivity analysis) orqali eng muhim yuklama-induktor omillar aniqlab chiqildi.

Natijalar

Tadqiqot PF-60 strategik maqsadlari va PQ-443 orqali elektromobil ishlab chiqarishga berilgan institutsional rag'batlarning shahar elektr ta'minoti tizimiga yuklama ta'sirini aniqlashga qaratilgan holda olib borildi. Modellashtirilgan uchta ssenariy (A, B, C) bo'yicha olingan natijalar elektromobil quvvatlash yuklamasining intensivligi, pik talablarning o'zgarishi, tarmoq elementlarining termik holati va kuchlanish barqarorligidagi degradatsiya bo'yicha farqlarni yaqqol ko'rsatdi.

Elektromobil sonining o'sish trayektoriyasi. Normativ-huquqiy hujjatlar asosida ishlab chiqilgan demografik va bozorbop o'sish modeli 2026–2030 yillarda elektromobillar sonining keskin ortishi ehtimolini tasdiqladi. Modellash natijalari quyidagilarni ko'rsatdi:

- *Ssenariy A:* elektromobillar ulushi 5% bo'lgan sharoitda tarmoq yuklamalari minimal darajada o'zgaradi.
- *Ssenariy B:* ulushning 20% ga yetishi umumiy shahar elektr ta'minoti tizimida 22–30% yuklama ortishini keltirib chiqaradi.
- *Ssenariy C:* PQ-443 stimullari kuchi bilan elektromobillar ulushining 40% ga yetishi yuklamaning 45–65% ortishiga olib keladi.

Bu natijalar tarmoq elementlarining maksimal ruxsat etilgan issiqlik rejimiga yaqinlashuvchi holatlarni yuzaga keltiradi.

Transformatorlarning yuklanish dinamikasi. Shahar hududlarida keng qo'llaniladigan 400 - 1000 kVA transformatorlar bo'yicha aniqlangan yuklama oshishi:

1-jadval

Ssenariy	O'rtacha yuklama oshishi	Transformatorning termik eskirish koeffitsienti
A	8–12%	+5%
B	22–30%	+18–21%
C	45–65%	+35–42%

Transformatorlarning termik eskirish koeffitsienti Arrenius modeliga muvofiq eksponential o'sishini hisobga olganda, C ssenariyda xizmat muddati ikki barobargacha kamayishi ehtimoli mavjud.

Kabel liniyalaridagi aktiv isroflar va oqim zichligi. 0,4 - 6 kV kabellar bo'yicha hisob-kitoblar aktiv isroflarning quyidagi darajada oshishini ko'rsatdi:

ssenariy A: +5%; *ssenariy B:* +11–15%; *ssenariy C:* +18–28%

Oqim zichligi ayrim past kuchlanish liniyalarida ruxsat etilgan me'yorlarga yaqinlashib, C ssenariyda ayrim segmentlarda chegaradan oshish holatlari kuzatildi. Bu holatlar ekspluatatsion xavfsizlik nuqtai nazaridan modernizatsiya zarurligini ko'rsatadi.

Kuchlanish barqarorligining buzilishi. Tezkor o'zgarmas tokli quvvatlash punktlarining (60 - 150 kVt) jadal son jihatdan o'sishi kuchlanish pasayishi bo'yicha sezilarli ta'sir ko'rsatdi: 10 kV tarmoqlarda: 8 - 11% pasayish; 0,4 kV tarmoqlarda: 12 - 17% pasayish.

C ssenariy doirasida past kuchlanish tarmoqlarida ayrim nuqtalarda 18% gacha pasayish kuzatilib, bu kuchlanish sifati bo'yicha xalqaro talablardan (IEC 50160) chiqish ehtimolini oshiradi.

Yillik energiya iste'molining oshishi. 2030-yilga borib elektromobillar soni 300 mingga yetgan holatda:

$$W_{EM} = 300\,000 \cdot 10,5 \cdot 365 = 1,15\,TVt \cdot soat/yil$$

Bu ba'zi yirik shaharlarning joriy yillik iste'moliga teng bo'lib, tarmoq generatsiya-talab balansiga bevosita ta'sir ko'rsatadi.

Xulosa

Tadqiqot natijalari elektromobillar sonining o'sishi PF-60 va PQ-443 orqali jadallashganda shahar elektr tarmoqlarida yuzaga kelishi mumkin bo'lgan tizimli transformatsiyani ko'rsatadi. Quyida asosiy ilmiy-texnik muhokamalar keltiriladi.

PF-60 strategiyasining energetik ta'siri. PF-60 ekologik transport ulushini oshirishni strategik vazifa sifatida belgilab, elektr transporti bilan bog'liq energiya iste'moli yuklamasining makro miqyosda ortishiga sharoit yaratadi. Strategiyaning energiya tizimiga ta'siri quyidagicha namoyon bo'ladi:

1. Transport sektorining elektr energiyasiga bog'liqligi yuqori intensivlikda oshadi.
2. Shahar energetika infratuzilmasi transport yuklamalarining yangi strukturaviy ko'rinishiga moslashishni talab qiladi.
3. Pik yuklamaning kechki soatlarga siljishi yuklama boshqaruv tizimlarining joriy etilishini zarur qiladi.

Bu omillar tarmoqning reaktiv quvvat balansini buzishi, kuchlanish notekisligining ortishiga sabab bo'lishi mumkin.

PQ-443 qarorining struktura-transformatsion ahamiyati. PQ-443ning asosiy iqtisodiy rag‘batlantiruvchi mexanizmlari elektromobil ishlab chiqarish hajmini oshiradi. Natijada:

- ichki bozorda elektromobil parkining o‘shish sur‘ati tezlashadi;
- quvvatlash infratuzilmasiga bo‘lgan talab keskin ortadi;
- o‘zgaras tokli quvvatlash stansiyalari soni o‘shishi transformator zonalarida yuqori pik yuklamalarni yuzaga keltiradi;
- past kuchlanish tarmoqlari notekis yuklama ta‘sirida ekspluatatsion imkoniyat chegaralariga yaqinlashadi.

Bu jarayonlar tarmoqning ishlash ishonchliligi, chidamliligi va kuchlanish sifati bo‘yicha sezilarli tizimli xavflarni yuzaga keltiradi.

Tizimning modernizatsiya ehtiyoji. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, elektromobillar ulushi 20-40% oralig‘ida bo‘lganda tarmoq quyidagi modernizatsiya choralarini talab qiladi:

1. Transformator quvvatlarini 30-60% gacha oshirish.
2. 0,4 kV liniyalarni yuqori kesimli (150-240 mm²) kabellar bilan qayta loyihalash.
3. Tezkor o‘zgaras tokli quvvatlash stansiyalar uchun alohida feeder liniyalar ajratish.
4. Smart-grid va demand response kabi yuklama boshqaruv usullarini joriy etish.
5. Energiya saqlash tizimlaridan foydalanib yuklama piklarini tekislash.

Ushbu choralar elektr ta‘minoti tizimining barqarorligini oshirish, yangi yuklamalarni integratsiyalash va PF-60 hamda PQ-443 talablarini ta‘minlash uchun zarur bo‘ladi.

Natijalar elektromobil o‘shish sur‘ati va shahar elektr ta‘minoti tizimlarining jismoniy chegaralari o‘rtasidagi nomutanosiblikni yaqqol ko‘rsatadi. Yuklamaning keskin ortishi energiya tizimining generatsiya, taqsimlash va iste‘mol bosqichlarida strukturaviy o‘zgarishlarni talab qiladi. Modellash natijalari C ssenariy kabi yuqori o‘shish stsenariylari mavjud infratuzilma bilan mos kelmasligini ko‘rsatadi va modernizatsiya paketi zaruriyatini ilmiy asoslaydi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 18.03.2024 yildagi PQ-132-son “O‘zbekiston Respublikasida elektromobil va gibrid avtomobillar hamda ularning butlovchi qismlarini ishlab chiqarishni tashkil etish” investitsiya loyihasini amalga oshirish to‘g‘risidagi investitsiya shartnomasini tasdiqlash haqida” gi qarori.
2. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 19.12.2022 yildagi PQ-443-son “Elektromobillar ishlab chiqarishni tashkil etishni davlat tomonidan qo‘llab-quvvatlash chora-tadbirlari to‘g‘risida” gi qarori

3. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 28.01.2022 yildagi PF-60 sonli "2022-2026-yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida" gi farmoni
4. Qurbonazarov S.E. – "Исследование проблемы зарядки электромобилей" "Qishloq xo'jaligi va transportda innovatsion texnika va texnologiyalar: muammolar, yechimlar va istiqbollar" mavzusidagi respublika ilmiy-amaliy anjumani. Qarshi muhandislik-iqtisodiyot instituti. 2023/10/5. 22-25 betlar
6. Qurbonazarov Suhrob Erkin o'g'li – "Elektromobillarning afzalliklari va kamchiliklari" "Transport tizimlariga innovatsion texnologiyalarni joriy etish istiqbollari" mavzusidagi respublika miqyosida ilmiy-texnik anjuman. Termiz. 2023. 147-151 betlar.
7. Qurbonazarov Suhrob Erkin o'g'li, To'rayeva Gulyuz Xushboqovna - Elektromobillar va ularning konstruksiyasi. "Transport tizimlariga innovatsion texnologiyalarni joriy etish istiqbollari" mavzusidagi respublika miqyosida ilmiy-texnik anjuman. Termiz. 2023. 142-147 betlar.
8. Qurbonazarov Suhrob Erkin o'g'li - Methods of researching the technology of wireless charging of electric cars in the parking lot. Scientific Impulse. 1(100). 2023/6/1. 931-935 pages.
9. **Qurbonazarov Suhrob Erkin o'g'li, Abzoirov Elbek Akram o'g'li** - Elektromobillarning evolyutsiyasi va hozirgi kundagi foydalanish holati. "Zamonaviy dunyoda sun'iy idrokning rivojlanishi: yangi davr muammolari va yangi yechimlar jurnali". 30-Oktyabr, 2025-yil. 243-250 betlar.
10. Qurbonazarov Sukhrob Erkin ugli "Electric car charging problem" In Volume 7 of Periodica Journal of Modern Philosophy, Social Sciences and humanities-A Scientific International Peer Reviewed, Open Access Journal, June. 2022. SJIF 2022: 5.911. ISSN (E): 2720-4030
11. Qurbonazarov S.E., Bozorov.O.U. - Elektromobillarni avtoturargohda simsiz zaryadlash texnologiyasini tadqiq qilish usullari. "Muhandislik-texnologiya fan sohalaridagi muammolar: yechim va takliflar" mavzusidagi professor-o'qituvchilari va talabalarining ilmiy izlanishlari natijalariga bag'ishlangan i-ilmiy-texnik anjuman. Termiz 2022.