



ELEKTROMOBILLARNI QUVVATLASH STANSIYALARINING ISHLASH PRINSIPI, TEXNIK XUSUSIYATLARI VA RIVOJLANISH ISTIQBOLLARI

Aminjonov Akmal Erkinovich

Farg'ona tuman 1-son texnikum

Maxsus fan o'qituvchisi

Annotatsiya. Ushbu maqolada elektromobillarni quvvatlash stansiyalarining ishlash prinsiplari, asosiy texnik xususiyatlari va turlari batafsil ko'rib chiqilgan. Maqolada AC (o'zgaruvchan tok) va DC (to'g'ri tok) quvvatlash tizimlari, quvvatlash darajalarining tasnifi (Level 1, Level 2, DC Fast Charging), zamonaviy kommunikatsiya protokollari (OCPP, ISO 15118), aqlli quvvatlash texnologiyalari hamda V2G (Vehicle-to-Grid) tizimlarining rivojlanish yo'nalishlari tahlil qilingan. Shuningdek, O'zbekistonda elektromobil infratuzilmasini rivojlantirish bo'yicha hukumat dasturlari va quvvatlash stansiyalarini kengaytirishning ustuvor yo'nalishlari muhokama etilgan. Maqola muhandislik va texnik ta'lim sohasidagi mutaxassislar, talabalar hamda elektromobillik bo'yicha qiziquvchilar uchun mo'ljallangan.

Kalit so'zlar: elektromobil, quvvatlash stansiyasi, AC quvvatlash, DC tez quvvatlash, OCPP protokoli, V2G texnologiyasi, aqlli quvvatlash, zaryadlash infratuzilmasi, elektr transport vositasi, Level 2 quvvatlash.

Аннотация. В данной статье подробно рассматриваются принципы работы, основные технические характеристики и типы зарядных станций для электромобилей. Анализируются тенденции развития систем зарядки переменным (AC) и постоянным (DC) током, классификация уровней зарядки (Уровень 1, Уровень 2, быстрая зарядка постоянным током), современные протоколы связи (OCPP, ISO 15118), интеллектуальные технологии зарядки и



системы V2G (Vehicle-to-Grid). Также обсуждаются государственные программы развития инфраструктуры электромобилей в Узбекистане и приоритетные направления расширения сети зарядных станций. Статья предназначена для специалистов в области инженерно-технического образования, студентов и всех, кто интересуется электромобильностью.

Ключевые слова: электромобиль, зарядная станция, зарядка переменным током, быстрая зарядка постоянным током, протокол OCPP, технология V2G, интеллектуальная зарядка, зарядная инфраструктура, электромобиль, зарядка Уровня 2.

Abstract. This article examines in detail the principles of operation, main technical characteristics and types of electric vehicle charging stations. The article analyzes the development trends of AC (alternating current) and DC (direct current) charging systems, classification of charging levels (Level 1, Level 2, DC Fast Charging), modern communication protocols (OCPP, ISO 15118), smart charging technologies and V2G (Vehicle-to-Grid) systems. It also discusses government programs for the development of electric vehicle infrastructure in Uzbekistan and priority areas for expanding charging stations. The article is intended for specialists in the field of engineering and technical education, students and those interested in electromobility.

Keywords: electric vehicle, charging station, AC charging, DC fast charging, OCPP protocol, V2G technology, smart charging, charging infrastructure, electric vehicle, Level 2 charging.

Kirish

Dunyo bo'ylab transport sohasida kechayotgan elektr tizimiga o'tish jarayoni so'nggi o'n yil ichida misli ko'rilmagan tezlikda rivojlanib bormoqda. Neft mahsulotlarining cheklangan resurslari, iqlim o'zgarishi va havo ifloslanishi muammolari hukumatlar, muhandislar va iste'molchilarni barqaror muqobil



transport vositalarini qidirishga undamoqda. Bu borada elektromobillar (EV) eng istiqbolli yechim sifatida ko'tarilmoqda.

Xalqaro energetika agentligi (IEA) ma'lumotlariga ko'ra, 2023 yil oxiriga kelib dunyo bo'ylab elektromobillar soni 40 milliondan oshdi va bu ko'rsatkich yildan-yilga tez sur'atlar bilan o'sib bormoqda. Biroq elektromobillarning keng tarqalishi uchun eng muhim shartlardan biri - rivojlangan quvvatlash infratuzilmasini barpo etishdir. Quvvatlash stansiyalari elektromobillashuvning asosiy omili bo'lib, ularning texnik parametrlari, joylashuvi va soni transport tizimining samaradorligini belgilaydi.

O'zbekistonda ham elektr transport vositalariga bo'lgan qiziqish ortib bormoqda. 2022-2026 yillarga mo'ljallangan «Yashil iqtisodiyot» strategiyasi doirasida mamlakatimizda elektromobil ishlab chiqarish va quvvatlash stansiyalari tarmog'ini kengaytirish bo'yicha muhim qarorlar qabul qilingan. Ushbu vaziyatda quvvatlash stansiyalarining ishlash prinsipi va texnik xususiyatlarini chuqur o'rganish nafaqat muhandislar, balki o'qituvchilar va talabalar uchun ham dolzarb ahamiyat kasb etadi.

Maqolaning maqsadi - elektromobillarni quvvatlash stansiyalarining fizikaviy va muhandislik asoslarini, turlarini, texnik parametrlarini va zamonaviy rivojlanish yo'nalishlarini tizimli ravishda yoritishdir.

QUVVATLASH STANSIYALARINING ASOSIY TURLARI

AC (O'zgaruvchan tok) quvvatlash stansiyalari

O'zgaruvchan tok (AC) quvvatlash stansiyalari eng keng tarqalgan va arzon tur hisoblanadi. Bu stansiyalarda elektr tarmog'idan keladigan o'zgaruvchan tok bevosita avtomobilga uzatiladi, va bortdagi bortli zaryadlovchi qurilma (OBC - On-Board Charger) uni to'g'ri tokga aylantiradi hamda akkumulyatorni zaryadlaydi.

AC quvvatlash uch darajaga bo'linadi:



- Level 1 (1-daraja): 120V/16A, quvvat ~1,4-1,9 kW. Oddiy uy rozetkasiga ulanadi. 8-20 soatda to'liq zaryadlanadi. Asosan kechalik turar joylarda qo'llaniladi.
- Level 2 (2-daraja): 208-240V, 16-80A, quvvat 3,6-22 kW. Uy va jamoat joylari uchun. 2-8 soatda to'liq zaryadlanadi. Eng ko'p qo'llaniladigan tur.
- Level 3 (uch fazali AC): 400V/63A, quvvat ~43 kW. Yevropa standartlari uchun. Ba'zi Tesla va Renault modellari qo'llab-quvvatlaydi.

DC (To'g'ri tok) tez quvvatlash stansiyalari

To'g'ri tok stansiyalari (DCFC - DC Fast Charger yoki DC Rapid Charger) eng quvvatli va tezkor zaryadlash usuli hisoblanadi. Bu holda tok konvertatsiyasi stansiyaning ichida amalga oshiriladi va to'g'ri tok bevosita akkumulyatorga uzatiladi. Bu esa bortli zaryadlovchini chetlab o'tib, sezilarli darajada tezroq zaryadlash imkonini beradi.

DC tez quvvatlash standartlari quyidagilar:

- CCS (Combined Charging System): Yevropa va Amerika uchun standart. Quvvat 50-350 kW. 20-45 daqiqada 80% zaryadlanadi.
- CHAdeMO: Yaponiya standarti. Nissan, Mitsubishi, asosan Osiyo bozori. Quvvat 62,5-400 kW.
- Tesla Supercharger (NACS): Tesla standart ulash tizimi. Hozir ko'plab ishlab chiqaruvchilar tomonidan qabul qilinmoqda. V4 versiya 250 kW gacha quvvat beradi.

QUVVATLASH STANSIYALARINING ISHLASH PRINSIPI

Elektr tarmog'idan akkumulyatorgacha bo'lgan zanjir

Quvvatlash stansiyasining umumiy ishlash sxemasi bir necha asosiy bosqichdan iborat. Birinchi bosqichda umumiy elektr tarmog'idan kelayotgan yuqori kuchlanishli o'zgaruvchan tok (odatda 6-35 kV) transformator yordamida past kuchlanishga tushiriladi (220/380V). Ikkinchi bosqichda AC stansiyalarda bu



tok bevosita avtomobilga uzatilsa, DC stansiyalarda IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) texnologiyasiga asoslangan quvvat konvertori yordamida to'g'ri tokka aylantiriladi.

Uchinchi bosqichda BMS (Battery Management System - akkumulyatorni boshqarish tizimi) avtomobilning joriy zaryadlanish holati (SoC - State of Charge), temperatura, ichki qarshilik va boshqa parametrlarni real vaqt rejimida nazorat qiladi. BMS tizimi zaryadlash oqimini va kuchlanishini optimal darajada ushlab turadi. To'rtinchi bosqichda stansiya bilan avtomobil orasidagi aloqa maxsus protokollar (ISO 15118, DIN 70121) orqali amalga oshiriladi va zaryadlash jarayoni avtomatik boshqariladi.

CC-CV zaryadlash algoritmi

Zamonaviy quvvatlash stansiyalari litiy-ion akkumulyatorlari uchun CC-CV (Constant Current - Constant Voltage, ya'ni doimiy oqim - doimiy kuchlanish) algoritmidan foydalanadi. Zaryadlashning birinchi fazasi - CC (doimiy oqim) fazasida: stansiya belgilangan miqdordagi oqimni (masalan, 200A) doimiy ravishda uzatadi. Akkumulyator kuchlanishi asta-sekin ko'tarilib boradi. Bu faza odatda 0% dan ~80% gacha davom etadi.

Ikkinchi faza - CV (doimiy kuchlanish) fazasida: akkumulyator to'liq zaryadlanish kuchlanishiga (masalan, LiFePO₄ uchun 3,65V/hujayra) yetgach, stansiya kuchlanishni doimiy ushlab, oqimni esa asta-sekin kamaytiradi. Bu akkumulyator hujayralari haddan ziyod qizib ketishining va kimyoviy parchalanishning oldini oladi. Ushbu ikki fazali algoritm akkumulyatorning umrini uzaytirish va zaryadlash jarayonini xavfsiz o'tkazishning asosiy tamoyilidir.

Kommunikatsiya va boshqaruv tizimlari

Zamonaviy quvvatlash stansiyalari faqat tok uzatuvchi qurilma emas, balki murakkab axborot tizimining bir qismidir. OCPP (Open Charge Point Protocol) - bu quvvatlash nuqtalari va markaziy boshqaruv tizimi (CSMS) orasidagi aloqa



protokoli bo'lib, u WebSocket orqali ishlatiladi va avtorlashtirish, to'lov, diagnostika, masofaviy boshqaruv imkonlarini beradi. ISO 15118 standarti esa avtomobil va stansiya orasidagi «Plug & Charge» (ulash va zaryadlash) texnologiyasini ta'minlaydi - foydalanuvchi ulashning o'zi bilan avtorizatsiya va to'lov avtomatik amalga oshiriladi.

ASOSIY TEXNIK XUSUSIYATLAR VA TAQQOSLASH

Quvvatlash stansiyalarining asosiy texnik xususiyatlari quyidagilardan iborat:

1. Quvvat (kW). Stansiyaning quvvati akkumulyatorni zaryadlash tezligini belgilaydi. Uy quvvatlash uchun 3,6-7,4 kW, jamoat joylari uchun 11-22 kW, magistral yo'llar uchun 50-350 kW.
2. Samaradorlik koeffitsienti (COP). Zamonaviy DC quvvatlash stansiyalari 93-98% samaradorlikka ega. Energiya yo'qotishlari asosan issiqlik ko'rinishida namoyon bo'ladi.
3. Kuchlanish diapazoni. DC stansiyalar odatda 150-1000V oraliqda ishlaydi. Yangi avlod 800V arxitekturasidagi avtomobillar (Hyundai Ioniq 6, Porsche Taycan) uchun 350 kW quvvat mavjud.
4. Himoya tizimlari. IP54-IP65 darajasida suv va chang himoyasi, yerga ulanish himoyasi (RCD), qisqa tutashuv himoyasi, haddan ziyod qizish himoyasi (avtomatik o'chirish).
5. Aloqa interfeyslari. 4G/LTE, Wi-Fi, Ethernet, Bluetooth (foydalanuvchi bilan aloqa uchun). Zamonaviy stansiyalar 5G ulash imkoniyatiga ham ega.

AQLLI QUVVATLASH VA V2G TEXNOLOGIYASI

Smart Charging (Aqlli zaryadlash)

Aqlli zaryadlash texnologiyasi an'anaviy quvvatlash stansiyalaridan tubdan farq qiladi. Bu tizimda stansiya elektr tarmog'idagi yuklanish, elektr energiyasining narxi va foydalanuvchining ehtiyojiga qarab zaryadlash jadvalini avtomatik tarzda optimallashtiradi. Masalan, tarmoq yuklanishi past bo'lgan kechalik vaqtlarda



quvvatlash boshlanib, kun davomida avtomobil to'la zaryadlangan holda tayyor turadi. Bu ham foydalanuvchi uchun tejamkorlikni, ham tarmoq operatorlari uchun barqarorlikni ta'minlaydi.

Dynamic Load Balancing (dinamik yuk balansi) texnologiyasi bir nechta stansiya bitta elektr uzatish liniyasiga ulangan sharoitda umumiy quvvatni stansiyalar o'rtasida optimal taqsimlaydi. Bu esa hech bir stansiya ortiqcha yuk olmasdan maksimal samaradorlikda ishlashini kafolatlaydi.

V2G (Vehicle-to-Grid) texnologiyasi

V2G (Vehicle-to-Grid - Avtomobildan tarmoqqa) - bu elektromobilning akkumulyatorida to'plangan energiyani elektr tarmog'iga qayta uzatish imkonini beruvchi inqilobiy texnologiya. Bu tizimda elektromobil passiv iste'molchi sifatida emas, balki mobil energiya saqlash quroli sifatida ishlaydi. Tarmoqda pik yuklanish vaqtida (ertalab 7-10 soat yoki kechqurun 17-21 soat orasida) avtomobil akkumulyatori qo'shimcha energiya manbai bo'lib xizmat qilishi mumkin.

V2G tizimining afzalliklari katta: tarmoq barqarorligini oshirish, qayta tiklanadigan energiya manbalari (quyosh, shamol) bilan integratsiya qilish, foydalanuvchi uchun qo'shimcha daromad imkoniyati. Yaqin kelajakda V2H (Vehicle-to-Home - avtomobildan uyga) va V2B (Vehicle-to-Building) variantlari ham keng joriy etilishi kutilmoqda.

O'ZBEKISTONDA QUVVATLASH STANSIYALARINI RIVOJLANTIRISH

O'zbekiston Respublikasida elektromobil sohasini rivojlantirish yo'nalishida so'nggi yillarda sezilarli yutuqlarga erishildi. Prezident Sh.M. Mirziyoyevning 2021-yil 1-martdagi PQ-5006-son qarori bilan elektr transport vositalarini O'zbekistonda keng joriy etishning huquqiy asosi yaratildi. Ushbu hujjat asosida 2025 yilga kelib mamlakatda 500 dan ortiq quvvatlash stansiyasini barpo etish rejasi belgilandi.



General Motors bilan hamkorlikda tashkil etilgan GM Uzbekistan korxonasida ishlab chiqarilayotgan Chevrolet Equinox EV va boshqa elektromobil modellari uchun mamlakatda zaryadlash infratuzilmasini rivojlantirish borasida keng miqyosli ishlar amalga oshirilmoqda. O'zbekenergo va xususiy investorlar hamkorligida Toshkent, Samarqand, Buxoro, Farg'ona viloyatlarida DC tez zaryadlash stansiyalari o'rnatilmoqda.

Farg'ona viloyatida ham zaryadlash stansiyalari tarmog'ini kengaytirish bo'yicha ishlar boshlangan. Viloyat markazida va asosiy magistral yo'llar bo'ylab Level 2 va DC tez zaryadlash stansiyalari o'rnatilishi nafaqat mahalliy aholining ehtiyojini qondirishga, balki turistik yo'nalishlar bo'yicha elektromobil harakatini rivojlantirishga ham xizmat qiladi.

RIVOJLANISH ISTIQBOLLARI

Megawatt Charging System (MCS)

Yuk transport vositalarini elektrlashtirishga kuchli e'tibor qaratilayotgan bir vaqtda CharIN konsortiumi tomonidan MCS (Megawatt Charging System) standarti ishlab chiqilmoqda. Bu tizim 1,2-3,75 megawatt quvvatga ega bo'lib, elektr yuklarning to'g'ri tok 3000A gacha oqim bilan zaryadlanishini ta'minlaydi. Kelajakda magistral yo'llar bo'yidagi MCS stansiyalar elektr yuk mashinalari uchun an'anaviy yoqilg'i to'ldirishni to'liq almashtirishi kutilmoqda.

Simsiz (Wireless) quvvatlash

Simsiz induktiv quvvatlash texnologiyasi (WPT - Wireless Power Transfer) o'z rivojlanishining yangi bosqichiga kirmoqda. Yer ostiga o'rnatilgan induktiv o'tkazgich va avtomobil tubidagi qabul qilish katushkasi orqali 11-22 kW quvvat ulashsiz uzatiladi. Dynamic Wireless Power Transfer (DWPT) texnologiyasi esa harakatlanayotgan avtomobilni yo'l yuzasiga o'rnatilgan katushkalar orqali uzluksiz zaryadlash imkonini beradi va bu kelajakda akkumulyator sig'imiga bo'lgan ehtiyojni sezilarli kamaytirishi mumkin.



Sun'iy intellekt va IoT bilan integratsiya

Kelajak quvvatlash stansiyalari sun'iy intellekt va Narsalar interneti (IoT) bilan chuqur integratsiya qilingan bo'ladi. Mashinani o'rganish algoritmlari orqali stansiyalar talabni oldindan bashorat qilish, texnik nosozliklarni erta aniqlash va energiya sarfini optimallashtirish imkoniyatlariga ega bo'ladi. Blockchain texnologiyasi asosida quriladigan markazlashmagan to'lov tizimlari esa foydalanuvchilarga barcha turdagi stansiyalarda yagona raqamli hamyon orqali to'lov amalga oshirish imkonini beradi.

Xulosa

Elektromobillarni quvvatlash stansiyalari zamonaviy transport infratuzilmasining ajralmas va hal qiluvchi qismi bo'lib bormoqda. AC va DC zaryadlash tizimlari, aqlli zaryadlash algoritmlari, V2G texnologiyasi va simsiz quvvatlash usullari kompleks tarzda rivojlanganda, elektromobil sohasidagi asosiy muammo - qulay va tez zaryadlash masalasi - to'liq hal etiladi.

O'zbekistonda quvvatlash infratuzilmasini rivojlantirish yo'nalishida amalga oshirilayotgan islohotlar ijobiy natijalar bermoqda, ammo bu yo'lda hali ko'plab muammolar mavjud: standartlashtirish, malakali texnik kadrlar tayyorlash, energetika tizimini modernizatsiya qilish va investitsiyalarni jalb etish kabi masalalar hal etilishini kutmoqda.

Texnikum o'qituvchilari va muhandislari uchun ushbu sohadagi bilimlarni chuqurlashtirish, laboratoriya mashg'ulotlarini zamonaviy quvvatlash texnologiyalari asosida tashkil etish va kasbiy ta'limni elektr transport vositalarining rivojlanish tendentsiyalariga moslashtirishning ahamiyati tobora ortib bormoqda. Bu esa yosh mutaxassislarni kelajakdagi yashil iqtisodiyot uchun tayyorlashning muhim omili hisoblanadi.



Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Mirziyoyev Sh.M. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2021-yil 1-martdagi «Elektr transport vositalarini O‘zbekistonda keng joriy etishni rag‘batlantirish chora-tadbirlari to‘g‘risida»gi PQ-5006-son Qarori. Toshkent: O‘zbekiston Respublikasi qonun hujjatlari milliy bazasi, 2021.
2. Toshmatov A.B., Xoliqov S.R. Elektr energetikasi asoslari. O‘quv qo‘llanma. Toshkent: «Fan va texnologiya» nashriyoti, 2022. - 384 b.
3. Yusupov D.N. Avtomobilsozlik sanoatida elektr harakatlantirish tizimlari. Monografiya. Toshkent: ToshDTU nashriyoti, 2023. - 256 b.
4. Rahimov I.X., Nazarov U.A. Zamonaviy akkumulyator texnologiyalari va ularni zaryadlash usullari. O‘quv qo‘llanma. Farg‘ona: FarPI nashriyoti, 2022. 198 b.
5. O‘zbekiston Respublikasi Energetika vazirligi. «2022-2026 yillarda elektr transport infratuzilmasini rivojlantirish dasturi». Toshkent, 2022.
6. Karimov B.T. Qayta tiklanadigan energiya manbalari va aqlli tarmoqlar. Darslik. Toshkent: «O‘qituvchi» nashriyoti, 2023. 312 b.
7. Xasanov M.M., Sodiqov F.A. Quvvat elektronikasi va harakatlantirish tizimlari. Toshkent: TATU nashriyoti, 2021. 420 b.
8. Yilmaz M., Krein P.T. Review of Battery Charger Topologies, Charging Power Levels, and Infrastructure for Plug-In Electric and Hybrid Vehicles. // IEEE Transactions on Power Electronics. 2013. Vol. 28. №. 5. P. 2151-2169.
9. SAE International. SAE J1772: Electric Vehicle and Plug In Hybrid Electric Vehicle Conductive Charge Coupler. Warrendale, PA: SAE International, 2017.
10. International Energy Agency (IEA). Global EV Outlook 2024: Trends in Electric Light-Duty Vehicles. Paris: IEA Publications, 2024. 225 p.



11. CharIN e.V. Megawatt Charging System (MCS) Specification v1.0. - Berlin: CharIN Association, 2023.
12. Hu J., Morais H., Sousa T., Lind M. Electric vehicle fleet management in smart grids: A review of services, optimization and control aspects. // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2016. Vol. 56. P. 1207-1226.