

ВЪВЕДЕНИЕ В АРХИТЕКТУРАТА НА ЗАРЯДНИТЕ СТАНЦИИ ЗА ЕЛЕКТРИЧЕСКИТЕ ПРЕВОЗНИ СРЕДСТВА – ЧАСТ 1

доц. д-р Даниела Марева
Бургаски свободен университет

Резюме - С нарастващата популярност на електрическите превозни средства оборудването за зареждане и свързаните с него технологии се превръщат във важен обект на внимание, особено по отношение на безопасността на процеса на зареждане. Безопасността е от решаващо значение за гарантиране на сигурната и надеждна експлоатация на електрическите автомобили. Безопасното зареждане включва избора на подходящо оборудване, прилагането на правилни методи на работа и въвеждането на ефективни защитни мерки по време на зареждането. Разглеждат се основните технологии за зареждане на електромобили, архитектурата на зарядните системи, интеграцията с електрическата мрежа и възобновяемите енергийни източници, както и ключовите аспекти, свързани с безопасността, надеждността и киберсигурността на инфраструктурата за зареждане.

INTRODUCTION TO ELECTRIC VEHICLE CHARGING STATION ARCHITECTURE – PART 1

Assoc. prof. Daniela Mareva, PhD
Burgas Free University

Abstract - With the growing popularity of electric vehicles, charging equipment and related technologies are becoming an important focus of attention, especially with regard to the safety of the charging process. Safety is crucial to ensuring the secure and reliable operation of electric vehicles. Safe charging involves choosing the right equipment, applying the correct operating methods, and implementing effective protective measures during charging. The main technologies for charging electric vehicles, the architecture of charging systems, integration with the electricity grid and renewable energy sources, as well as key aspects related to the safety, reliability, and cybersecurity of the charging infrastructure are discussed.

Keywords - Electric vehicles, charging infrastructure, electric vehicle charging stations, safety, renewable energy

Бързото, достъпно, безопасно и надеждно зареждане на електромобили е ключов фактор за насърчаване на масовото използване на електрическите превозни средства. Това подобрява удобството на потребителите, гарантира безопасността на водачите, намалява оперативните разходи и повишава общата надеждност на електромобилите. В резултат устойчивият транспорт става по-достъпен и привлекателен за широк кръг от хора.

Прогнозите до 2030 г. сочат необходимостта от хиляди обществени и жилищни станции за зареждане, за да се подкрепи растящият пазар на електрическа мобилност.

Дизайнът на зарядните устройства играе решаваща роля, като осигурява ефективност, безопасност и лесна употреба, както и безпроблемна интеграция с електрическата мрежа и възобновяемите енергийни източници. Това допринася за удовлетворяване на нарастващото търсене и повишаване на ефективността на енергийната система.

Необходими са бързи, надеждни и безопасни възможности за зареждане, за да се подпомогне разгръщането на електрическата мобилност. Когато батерията на превозното средство е недостатъчна за планираното пътуване, се използва бързо зареждане, което позволява възстановяване на енергийния капацитет в кратък срок. При нощно паркиране зареждането може да се извършва с ниска мощност. Алтернативно, смяната на батериите предлага възможност за получаване на пълен енергиен пакет за няколко минути, подобно на бързото зареждане с гориво при бензиновите автомобили.

Съществуват различни методи за зареждане на батериите на електромобилите. Във всички случаи електрическата енергия от конвенционалната променливотокова мрежа се преобразува, директно или индиректно, от променлив ток (AC) в постоянен ток (DC), за да се зареди батерията на превозното средство.

1. Технологии за зареждане и архитектура на зарядните системи

➤ Проводимо зареждане (AC и DC)

Физическото разположение на компонентите, които преобразуват енергията от мрежата в подходящ формат за батерията, определя дали зарядните устройства са бордови или извънбордови. Бордовите зарядни устройства се намират в самото превозно средство и са ограничени по размер и мощност поради габаритните ограничения. Извънбордовите зарядни устройства, разположени извън автомобила, позволяват по-голяма мощност и по-голяма гъвкавост при зареждане.

И двата типа зарядни устройства съдържат контролни вериги и поддържат постоянна комуникация с батерията, за да се осигури оптимално и безопасно зареждане без риск от повреди или презареждане. Зареждането с променлив ток (AC) обикновено се извършва чрез бордово зарядно устройство, докато бързото зареждане с постоянен ток (DC) и технологията за смяна на батерията разчитат на извънбордови устройства. При индуктивното зареждане се използва комбинация от двата типа зарядни устройства, което осигурява гъвкавост и ефективност при зареждане.

Интеграцията с електрическата мрежа изисква внедряване на интелигентни системи за управление на зареждането, които оптимизират процеса в натоварването на мрежата и наличността на възобновяема енергия. Необходими са бързи, надеждни и безопасни решения за зареждане, за да се подпомогне ефективното разгръщане на електрическата мобилност.

Когато батерията на превозното средство е изтощена или пробегът не е достатъчен за планираното пътуване, се използва бързо зареждане, което позволява възстановяване на капацитета в кратки срокове. При нощно паркиране обаче може да се приложи бавно зареждане с ниска мощност.

➤ Индуктивно зареждане (статично и динамично);

➤ Технология за смяна на батерии.

Технологията за смяна на батерии предлага алтернативен подход, при който целият енергиен пакет на превозното средство се заменя за няколко минути, подобно на времето, необходимо за зареждане на традиционен автомобил с гориво.

Глобалният пазар на приложения за зареждане на електрически превозни средства в момента изпитва експоненциален растеж, като се очаква броят на зарядните

устройства с мощност 200–500 kW да се увеличи с 30%. Приложенията за зареждане имат специфични технически изисквания, като например необходимостта от ултра нисък капацитет на изолация (3–5 pF). С непрекъснатото увеличаване на честотата на превключване новото поколение силициев карбид (SiC) изисква по-високи нива на отношение dV/dt . По отношение на частичното разреждане, SiC трябва да може да поддържа напрежения до 1200 V, а в някои приложения – дори до 1500 V.

С нарастващото използване на електрически превозни средства, технологията за бързо зареждане с постоянен ток (DCFC) позволява пълно зареждане на батерията за кратък период, подобрявайки удобството за потребителя. Поради това изследването и внедряването на високоефективни батерийни технологии са от решаващо значение. Появата на нови решения като литиево-йонни и твърдетелни батерии значително повишава енергийната плътност и ефективността на процесите на зареждане и разреждане.

Архитектура на зарядните системи

Технологичната архитектура за зареждане на електромобили включва няколко ключови компонента и технологии, като зарядно устройство, система за управление на зареждането, интерфейс за зареждане, мрежа за зареждане, интелигентни системи и механизми за безопасност на оборудването. Тези елементи работят съвместно, за да осигурят ефективен, надежден и безопасен процес на зареждане на електромобилите.

Технологичната архитектура на системите за зареждане включва следните основни компоненти:

- Зарядно устройство (charger)
- Система за управление на зареждането (Charging Management System)
- Интерфейс за зареждане (Charging Interface)
- Мрежа и инфраструктура за зареждане (Charging Network)
- Интелигентни системи и защита на безопасността (Smart Systems and Safety Protection)

Зарядното устройство е компонентът, който преобразува захранването с променлив ток (AC) в постоянно-токово (DC) захранване, необходимо за зареждане на батерията на електромобила. Видовете зарядни устройства включват домашни зарядни устройства, обществени станции за зареждане, бързи зарядни устройства и бордови зарядни устройства. Домашните зарядни устройства обикновено се използват в жилищни или работни помещения и предлагат по-ниска мощност и по-бавни скорости на зареждане. Обществените зарядни станции се намират на публични места или търговски обекти за общо ползване. Бързите зарядни устройства предлагат по-висока мощност, което позволява кратко време за зареждане и повишава удобството за потребителя. Бордовите зарядни устройства са разположени в самото превозно средство и осигуряват зареждане на батерията чрез интегрираната електроника на автомобила.

Системата за управление на зареждането регулира тока и напрежението по време на процеса на зареждане, за да осигури безопасно зареждане и нормална работа на батерията на електромобила. Системата следи температурата, напрежението и тока на батерията и при необходимост регулира скоростта на зареждане, за да се предотврати презареждане или прекомерно разреждане.

Интерфейсът за зареждане представлява точката на свързване между електромобила и зарядното оборудване, обикновено разположен на порта за зареждане на автомобила. Общите стандарти за интерфейс включват Type 1, Type 2, CHAdeMO,

CCS и други, като изборът на стандарт зависи от региона и типа на превозното средство.

Мрежата за зареждане обхваща зарядни станции, зарядни точки и системи за управление на зареждането, като формира цялостната инфраструктура за зареждане на електромобили. Интелигентните системи използват интернет свързаност, софтуер и сензори, което позволява интелигентно управление, дистанционно наблюдение и предоставяне на потребителски услуги, повишавайки ефективността, надеждността и удобството на процеса на зареждане.

Вграденият компютър управлява критични функции като комуникационни протоколи, криптиране и обработка на данни, като влияе върху цялостната производителност и сигурност на зарядната станция. Той осигурява съвместимост с комуникационните стандарти, поддържа усъвършенствани функции като интелигентно зареждане и подобрява мерките за киберсигурност чрез подходящ избор на процесор. Освен това позволява безпроблемна интеграция с бекенд системи, гарантирайки надеждна работа и удовлетвореност на потребителите. Изборът на подходящ процесор дава възможност на операторите на зарядни станции за електромобили да подобрят обработката на данни, да повишат сигурността и да осигурят надеждно и ефективно зареждане.

Безопасност, надеждност и защита на зарядните системи

За да привлекат повече потребители към електрическите превозни средства и да се възползват от възможностите на пазара на зарядни станции, компаниите увеличават инвестициите в инфраструктура за зареждане. Това включва разширяване на броя на зарядните станции, за да се отговори на нарастващото търсене на електромобили. Освен това все по-широкото прилагане на интелигентни системи за управление на зареждането позволява оптимизиране на ефективността на процеса и интелигентно управление на оборудването за зареждане.

Оборудването за зареждане обикновено е снабдено с функции за защита, като защита от свръхток, пренапрежение и свръхтемпература, за да се гарантира безопасността и надеждността по време на процеса на зареждане. Системите за зареждане на електрически превозни средства често имат дизайни за хидроизолация, устойчивост на прах и предотвратяване на пожари, за да отговарят на изискванията за работа в различни среди.

Тези компоненти и технологии формират техническата архитектура на системите за зареждане на електромобили, като осигуряват необходимата инфраструктура и високо ниво на безопасност.

По време на зареждане трябва да се отчетат ключови аспекти на безопасността, включително защитата на оборудването и батерията, превенцията на пожари и експлозии, правилните методи и условия на зареждане, както и спазването на оперативните процедури, за да се гарантира надеждността на процеса.

По отношение на безопасността на оборудването за зареждане е от съществено значение да се използват квалифицирани и сертифицирани устройства, като се избягва повредено или неоторизирано оборудване. Това гарантира безопасността на процеса на зареждане. Редовните проверки и поддръжка на оборудването също са от решаващо значение, като включват проверка на състоянието на зарядните станции, кабелите за зареждане и интерфейсите, за да се осигури правилното функциониране и безопасност.

Защитата на батерията също е от първостепенно значение. По време на процеса на зареждане е важно температурата и напрежението на батерията да останат в без-

опасни диапазони, като се избягва прегряване, преохлаждане, презареждане или свръхзареждане. Използването на зарядно оборудване, снабдено със система за управление на батерията (BMS), е от съществено значение, тъй като тя може да наблюдава и регулира тока и напрежението по време на зареждане, гарантирайки безопасността и дълготийето на батерията.

Оборудването за зареждане трябва да включва мерки за предотвратяване на пожари и експлозии, като защита срещу къси съединения, претоварване и пренапрежение, за да се намали рискът от инциденти. Използването на пожароустойчиви и взривозащитени материали, както и подходящи конструктивни решения, допълнително повишава безопасността и надеждността на оборудването за зареждане.

От решаващо значение е да се избере подходящият метод и оборудване за зареждане въз основа на модела и спецификациите на електрическото превозно средство, за да се избегнат проблеми с безопасността, произтичащи от неправилно зареждане. Трябва да се избягва дългосрочното високоскоростно зареждане или прекомерното разреждане, за да се гарантира безопасността и дълготрайността на батерията.

По време на зареждане е важно както оборудването, така и батерията да се намират в безопасна среда – избягват се влажни и високотемпературни условия, както и зони с потенциален риск от експлозия.

Интеграция с мрежата и възобновяеми енергийни източници

С развитието и прилагането на възобновяеми енергийни източници, системите за зареждане на електрически превозни средства започват да интегрират слънчеви и вятърни станции за зареждане, което допълнително намалява въглеродните емисии по време на процеса на зареждане. Освен това, технологията за безжично зареждане представлява важна посока за бъдещо развитие. Чрез използването на сензори и електромагнитни полета е възможно зареждане на електрическите превозни средства без физическо включване в кабел, което подобрява удобството на потребителите и безопасността на процеса на зареждане.

Предлагат се DC-DC конвертори, специално проектирани за използване с възобновяеми енергийни източници. Модулният дизайн на зарядните станции за електрически превозни средства (EV) осигурява гъвкавост, мащабируемост и висока ефективност. Той позволява конфигуриране на опции за зареждане с AC и DC според различните нужди на инфраструктурата и потребителите, предоставяйки ефективни и лесно разширяеми решения.

Сигурният софтуер и стандартите за защита на данните са от съществено значение за безопасността на инфраструктурата за зареждане на електромобили. Зарядните станции са защитени от киберзаплахи и неоторизиран достъп чрез прилагане на надеждни софтуерни практики.

Запазването на чувствителната информация и поддържането на целостта и поверителността на данните, предавани между зарядни станции, превозни средства и бекенд системи, гарантира сигурна и надеждна екосистема за зареждане на електромобили. Това се подпомага чрез спазването на международни стандарти за сигурност на данните, като ISO 27001.

Изборът на подходящ процесор за интеграция е от решаващо значение за ефективна обработка на данни и за осигуряване на стабилна сигурност в зарядните станции за електрически превозни средства (EV).

Иновации и бъдещи тенденции в зареждането на електромобили

Една от иновациите в зареждането на електромобили са безжичните зарядни станции. Те използват индуктивна технология, която позволява зареждане на превозните средства без необходимост от физическа кабелна връзка. Макар технологията да е все още в начален етап на развитие, тя притежава потенциала да промени значително начина на зареждане на електромобилите.

Очаква се бъдещите електрически превозни средства да функционират като източници на енергия, връщайки съхранената електроенергия обратно в мрежата по време на пиково търсене или при прекъсвания на захранването. Управлението на този потенциален обмен на енергия е ключов аспект от интеграцията на електромобилите в електрическата мрежа и прави комуникацията критично важна при проектирането на зарядните станции.

Дизайнът на комуникацията, както от точката на зареждане на превозното средство към мрежата, така и от зарядната станция към облачните системи, трябва да отговаря на стандартите за предаване на данни, безопасност и киберсигурност по време на процеса на зареждане.

Изводи

1. Технологиите за зареждане на електромобили продължават да се развиват, като тяхната интеграция с възобновяеми енергийни източници, напредъкът в ефективността и развитието на безжичното зареждане оформят бъдещето на устойчивия транспорт. Тези тенденции подчертават значението на иновациите за създаването на достъпна, ефективна и екологична инфраструктура за зареждане.

2. Безопасността на зареждането на електрически превозни средства е ключов фактор за надеждната работа на автомобилите и сигурността на потребителите. Това изисква комплексен подход, включващ безопасността на зарядното оборудване, управлението на батерията, дизайна за предотвратяване на пожари и експлозии, както и правилните операции по зареждане. Ефективното управление на тези аспекти повишава безопасността и надеждността на процеса на зареждане.

Литература:

1. Bending the Curve: Climate Change Solutions by Ramanathan, V., Aines, R., Auffhammer, M., Barth, M., Cole, J., Forman, F., et al. CC BY-NC-SA 4.0
2. Dynamic modeling and real-time management of a system of EV fast-charging stations by Yang, D., Sarma, N., Hyland, M., & Jayakrishnan, R CC BY 4.0 Deed
3. Cars: Technology by TU Delft OpenCourseWare a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 .
4. https://www.researchgate.net/figure/Architecture-of-conventional-EV-charging-station-a-Common-AC-bus-based-system-and-b_fig2_370036926
5. <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/ev-charging-station>
6. Радостин Долчинков, Камен Сейменлийски, Иван Попов, Безопасност на електрически автомобил. Сборник с доклади от Международна научна конференция „Черно море – Врата и много мостове“, 2022, Бургас, изд. БСУ, ISBN: 978-619-253-017-4, с. 533 - 540