

*А. Д. Смирнов**

ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ НА КРУПНОМАСШТАБНЫХ ЗАРЯДНЫХ СТАНЦИЯХ ДЛЯ ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА

Увеличение концентрации населения в городах из-за урбанизации и связанный с ним рост автомобильного транспорта приводит не только к повышенному росту спроса на углеводородные виды топлива, но и к экологическим проблемам, связанным с вредными выбросами в атмосферу продуктов его сгорания (углекислого газа, оксидов азота и пр.) [1]. Широкое внедрение электротранспорта (electric vehicles – EV) позволит сократить выбросы вредных веществ в атмосферу и улучшить качество воздуха. Проблема загрязнения атмосферы особенно актуальна для крупных городов, где рост населения в результате урбанизации ведет к увеличению автотранспорта. Парижская декларация об электромобильности и изменении климата и призыв к действию, принятая в 2015 году, ставит целью к 2030 году обеспечить наличие 100 млн. электромобилей и 400 млн. двух- и трехколесных транспортных средств [2].

Для обеспечения электробезопасности и предотвращения аварий необходимо разработать правила техники безопасности, в частности, касающихся как оборудования для зарядки электромобилей (Electric Vehicle Charging Stations – EVCS), так и батареи электромобиля. В настоящее время количественная оценка электробезопасности с учетом условий эксплуатации крупномасштабных зарядных станций для электромобилей является сложной задачей [3].

С уменьшением стоимости электромобилей их количество резко возросло. Одновременно развивалась зарядная инфраструктура. Крупномасштабные зарядные станции создаются с учетом одновременного заряда сотен и более электромобилей, и одновременной интеграции как в существующие, так и заново проектируемые электросети. Было опубликовано множество стандартов и правил, касающихся безопасной эксплуатации электромобилей, в которых основное внимание уделяется батарейному блоку, штекерам и разъемам, а также оборудованию для электропитания электромобилей.

Безопасность батареи электромобиля рассматривается производителями транспортных средств с точки зрения предотвращения возго-

* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента кафедры «КИСМ» ФГБОУ ВО «ТГТУ» А. Б. Борисенко.

рания, взрыва и других потенциальных аварий, вызванных отказом и неправильной работой самой батареи. Штепсельные вилки и разъемы, а также оборудование для питания электромобилей с функциями защиты также были рассмотрены в нескольких стандартах с точки зрения безопасности. Например, Общество Автомобильной Инженерии (Society of Automotive Engineering – SAE) опубликовало свои рекомендуемые методы зарядки электромобилей, подключаемых к электросети (plug-in EV). Стандарт SAE J1772 охватывает общие физические, электрические и эксплуатационные требования для систем зарядки электромобилей в Северной Америке [4].

Существуют три основных метода, широко используемых для зарядки EV: (1) Проводная зарядка (conductive charging), когда аккумулятор электромобиля соединяется кабелем и подключен непосредственно к зарядной сети; (2) Индуктивная зарядка (inductive charging), которую также называют беспроводной, когда электричество передается от одной магнитной катушки в зарядном устройстве, на вторую магнитную катушку, установленную на электромобиле; (3) Обмен батареей (battery exchange), когда разряженная батарея электромобиля заменяется в специальных обменных центрах на заряженную, (Battery Swapping Station – BSS).

Пользователи EV отдают свое предпочтение проводной зарядке из-за ее низкой стоимости, высокой эффективности и более простой бизнес-модели.

Крупномасштабные зарядные станции чаще всего размещаются в местах длительной и массовой парковки автотранспорта. Такие зарядные станции обычно имеют мощность зарядки от 5 до 25 кВт, некоторые из них также могут иметь мощность зарядки 26...60 кВт. Реже встречаются зарядные станции с мощностью более 60 кВт. Главные минусы таких зарядных станций в том, что они имеют высокую стоимость установки, так же снижают срок службы аккумуляторной батареи и имеют более высокую стоимость зарядки.

Типовые зарядные станции состоят из трех частей: Физическая система (Physical System), физическое оборудование, предоставляющее непосредственно услуги зарядки электромобиля; Коммуникационная система (Communication System), Управляющий центр (Control Center).

В соответствии с последними рекомендуемыми стандартами предлагается архитектура для крупных зарядных систем, позволяющая управлять зарядкой от десятков до сотен автомобилей, которая также может использовать батарею в электромобилях как буферную емкость и отдавать энергию обратно в сеть.

Физическая система подключается к внешней сети электроснабжения, оборудована преобразователями напряжения. Коммуникационная система передает сигналы между физической системой и центром управления. Центр управления может координировать управление зарядным током в соответствии с уровнем заряда батареи, чтобы обеспечить интеллектуальную зарядку (Smart Charging). Центр управления также может регулировать режимы управления активной/реактивной мощностью в соответствии с требованиями эксплуатации. Согласно стандарту, существует два режима управления активной мощностью и четыре режима управления реактивной мощностью для распределенных энергетических ресурсов. Распределенные энергетические ресурсы могут выбирать различные режимы управления в нормальных условиях эксплуатации и при прохождении в зависимости от приоритета прохождения.

Предлагаемая структура управления рисками крупномасштабной системы включает три уровня:

- 1) Требования обеспечения безопасности (Safety Considerations);
- 2) Оценка рисков (Risk Assessment);
- 3) Контроль рисков (Risk Control).

Необходимо изучить требования к обеспечению безопасности на разных уровнях, предложить методы анализа оценки рисков, и, наконец, в процедурах проектирования и планирования выполнить интегрированный анализ и сравнение, чтобы соответствовать требованиям иерархии мер по контролю рисками.

Безопасность можно определить, как вероятность того, что зарядная станция будет продолжать должным образом функционировать, не вызывая появления опасного напряжения прикосновения на внешних частях зарядного оборудования. Некоторые неисправности могут поставить под угрозу безопасность, но не функциональность зарядного устройства, которое может продолжать работать. Эта очень опасная ситуация особенно для крупномасштабных зарядных устройств, с которым имеют дело большое количество людей. Поскольку электрическая безопасность зарядной станции со временем снижается, ее необходимо оценивать для предотвращения опасных ситуаций, например, травмы людей, повреждение устройств, нестабильная работа сети и прерывание подачи питания на батарею электромобиля.

Требования обеспечения безопасности включают все три уровня. Проводная зарядка требует, чтобы клиенты подключали свои транспортные средства к оборудованию зарядной станции таким образом, чтобы конструкция защищала клиента от поражения электрическим током в процессе зарядки автомобиля.

Защита от поражения электрическим током достигается за счет реализации двух уровней защиты: базовой защиты (basic protection) (т.е. предотвращения контакта людей с находящимися под напряжением деталями) и защиты от неисправностей (fault protection) (т.е. защиты в случае повреждения основной изоляции), которая обычно достигается путем отключения питания.

Крупная зарядная станция должна иметь резервный маршрутизатор и аккумуляторные ресурсы для поддержания системы связи зарядной станции с минимальными затратами. Защита от перегрузки по току является основной функцией защиты EVCS. Адаптивная защита с помощью связи рекомендуется для координации устройств защиты и изменения алгоритмов защиты автоматических выключателей при необходимости. Однако производительность адаптивной защиты в первую очередь зависит от уровня кибернетической защиты (cyber reliability) зарядной станции. В случаях задержек в передаче сигналов в коммуникационной системе и отказа защитного устройства, риск значительно возрастет.

Для обеспечения безопасной эксплуатации зарядных станций необходимо не только соблюдать требования безопасности, но и соблюдать другие существующие стандарты и рекомендации, такие как граница вспышки дугового разряда, совместимость с сетями, периодическая проверка оборудования, соблюдение пожарной безопасности, и своевременное техническое обслуживание.

Список литературы

1. Гринин, А. Л. Анализируя глобальные проблемы XXI в. Обзор и прогноз на основе доклада Римского клуба «Come On!» / А. Л. Гринин // Век глобализации. – 2020. – Т. 36, № 4. – С. 47 – 64.
2. Ратнер, С. В. Государственное стимулирование развития рынка электрических транспортных средств: мировой опыт / С. В. Ратнер, С. С. Маслова // Финансы и кредит. – 2017. – Т 23, № 22. – С. 1281 – 1299.
3. Electrical Safety Considerations in Large-Scale Electric Vehicle Charging Stations / Wang B. et al. // IEEE Trans. Ind. Appl. 2019. – V. 55, No. 6. – P. 6603 – 6612.
4. EV charging stations and modes: International standards / M. C. Falvo et al. // 2014 International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion. IEEE. – 2014. – P. 1134 – 1139.

*Кафедра «Компьютерно-интегрированные системы
в машиностроении» ФГБОУ ВО «ТГТУ»*