

УДК 656.1

*Т. А. Кондратьева\*, А. А. Еремина*

### ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ЗАРЯДКИ ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА

Для современного человека автотранспорт стал неотъемлемой частью повседневной жизни. За время существования автомобилей накопилась значительная масса минусов, проблем и неудобств, а также критически важных последствий, связанных с двигателями внутреннего сгорания (ДВС). Совокупность всех этих факторов побуждает человечество начать революцию в сфере личного транспорта, а заодно, и в структуре энергопотребления.

За последние несколько лет транспортные средства, которые получают большую часть энергии от электросети (включая полностью электрические автомобили и гибридные автомобили с подзарядкой от электросети), достигли заметного распространения на рынке. Такие виды автомобилей уменьшают потребление ископаемого топлива (газа, нефти и т.п.) и, следовательно, уменьшают количество выбросов в окружающую среду.

Первоначально предполагалось, что ранние поколения электромобилей будут связаны с электросетью только для зарядки аккумуляторов. Поскольку с увеличением количества электромобилей нагрузка на электросеть вырастает, необходимо разрабатывать оптимальные методы зарядки для снижения нагрузки на электросеть. Одним из таких методов является идея V2G (vehicle-to-grid, в дословном переводе от «транспортного средства к сети»), подразумевающая подключение машины в общую электрическую сеть для подзарядки автомобиля с возможностью выдачи электроэнергии обратно в сеть. С помощью этой системы электромобили следующего поколения будут работать как устройства, накапливающие электроэнергию.

Зарядку электрических и гибридных автомобилей можно разделить на четыре различных типа, в зависимости от уровня зарядного напряжения и расположения.

---

\* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доц. ФГБОУ ВО «ПГТУ» А. Б. Борисенко.

Зарядка типа 1 (Type 1) – преимущественно осуществляется от бытовой сети. Это наименее мощный тип зарядки, интервал подзарядки электромобиля с помощью него составляет 12 часов. Процесс происходит без специального оборудования, при помощи стандартной розетки и специального адаптера переменного тока. Данный тип зарядки практически не применяется сегодня из-за низкой безопасности подключений.

Зарядка типа 2 (Type 2) – используется в быту или на автозаправочных комплексах. Это стандартный тип зарядной станции переменного тока, интервал подзарядки с помощью которого составляет 6...8 часов при емкости батареи 20...24 кВт/ч. Применяется для зарядки электромобилей всех типов с традиционными разъемами подключаемого коннектора с системой защиты внутри кабеля.

Зарядка типа 3 (Type 3) – применяется на станциях с переменным током. Является самым мощным типом подзарядки, к нему применимы разъемы Type 1 для однофазной и Type 2 для трехфазной сети.

Зарядка типа 4 (Type 4) – подобные зарядные комплексы можно встретить на городских парковках и шоссе. Являются типом зарядных станций, в которых применяется не переменный, а постоянный ток. Их еще называют станциями быстрой зарядки. Мощность подобных комплексов для некоторых электромобилей бывает слишком высока, поэтому подходит не всем электромобилям. У тех же, что поддерживают подобный стандарт, аккумуляторы заряжаются до 80% в течение 30 минут. Обустройство такого комплекса требует отдельной линии электроснабжения большой мощности и крупных денежных вложений.

В настоящее время ученые прилагают усилия для оптимального решения ряда задач, связанных с распространением электротранспорта. Например таких, как минимизация эксплуатационных и капитальных затрат при развертывании зарядной инфраструктуры; оптимизация нагрузки на зарядную станцию; максимизация общих доходов, интеграции в зарядную инфраструктуру возобновляемых источников энергии (ВИЭ); оптимизация среднего уровня заряда батарей.

Оптимизацию зарядки электромобилей от электросети с использованием биотехнических методов вычислительного интеллекта можно отнести к частному случаю теории об искуственном интеллекте. Основой биологического вычислительного интеллекта принято считать природу. Она, безусловно, является огромным и потенциальным источником вдохновения для решения сложных проблем в области информатики, поскольку она демонстрирует очень динамичный, разнообразный, сложный и надежный подход. Поэтому, решая сложные реальные проблемы, для которых математическое или традиционное моделирование может быть бесполезным по причинам многосложно-

сти для математических рассуждений или же содержания некоторых неопределенностей во время процесса, а возможности того, что процесс может быть просто стохастическим по своей природе, стоит выбрать методику вычислительно интеллекта.

Биологические методы вычислительного интеллекта представляют собой альтернативные инструменты оптимизации, позволяющие справиться с неплавным и сложным планированием энергосистемы. Более того, такие биологические методы поддерживают стохастические типы решений, а также направляют их к оптимальным решениям с помощью эвристических подходов. Эти методы обычно не гарантируют достижение глобального оптимума, но в большинстве своем устойчивы к многомерным и нелинейным системам из-за этого процесса. Следовательно, упомянутые методы являются широко распространенным выбором для разъяснения ограничений и функций пригодности, которые нельзя бесконечно дифференцировать как сценарии двоичной зарядки/разрядки электромобилей [1].

Существует множество подходов к данной теории, однако различные решения путем соответствующей разработки методов интеллектуального планирования должны привести к плавной интеграции электромобилей в энергосистему.

В одном из рассмотренных методов использовали оптимизацию муравьиных колоний для планирования зарядки электромобилей на стороне трансформатора. Удалось прийти к выводу, что вычислительная нагрузка оптимизации муравьиных колоний относительно невелика и поэтому подходит для крупномасштабного применения. В результате моделирования получилось соотнести и сравнить кривую зарядки нагрузки электротранспорта с эффектом колебания нагрузки. Цель предложенного метода – снизить нагрузку на энергосистему при пиковом спросе. В другом методе представлена политика централизованного планирования для начисления платы за энергию электромобиля с использованием генетического алгоритма, чтобы облегчить размер и сложность оптимизации [2].

Одной из современных стратегий зарядки от электротранспорта является интеллектуальная зарядка. Она основана на зарядке электромобилей в наиболее выгодных условиях, когда спрос и цена на электроэнергию самые низкие при избыточной мощности сети. Результаты метода оптимизации продемонстрировали снижение потерь с меньшей вычислительной сложностью за счет процесса случайного поиска. В качестве будущих исследований предполагается моделирование для более крупных распределительных систем.

Применив генетический алгоритм сортировки без доминирования к модели электромобиля с подключаемым модулем, чтобы найти оп-

тимальные схемы зарядки, потребителю было предложено предпочтительно заряжать подключаемый электромобиль в непиковые часы и непосредственно перед началом путешествия, чтобы эффективно снизить затраты на электроэнергию и износ аккумулятора [3].

Различные варианты оптимизации роя частиц использовались также для других параметров, связанных с зарядкой электромобилей. В одном из методов функция пригодности заключалась в максимальном увеличении среднего состояния заряда батареи, затрат на энергию и оставшегося времени зарядки электротранспорта, что очень нелинейно по своей природе и трудно разрешить с помощью традиционных методов оптимизации. При этом алгоритм адаптивного веса на основе оптимизации роя частиц сравнивали с методом внутренней точки и методом генетического алгоритма. Предлагаемый метод превосходит их с точки зрения возможностей эксплуатации. Это демонстрирует превосходство биотехнического метода вычислительного интеллекта [4].

На практике не существует единого метода оптимизации, который мог бы лучше всего работать для всех типов задач оптимизации энергосистемы. Применение биотехнических методов вычислительного интеллекта для оптимизации зарядки электромобилей – это новая исследовательская область, привлекающая значительное внимание ученых. Поэтому исследователи этой области должны попытаться применить теоретические знания для решения проблем зарядки электромобилей в реальном времени, чтобы реализовать успешную оптимизацию подзарядки электротранспорта в интеллектуальной сети.

### Список литературы

1. Карамян, О. Ю. Электромобиль и перспективы его развития / О. Ю. Карамян, К. А. Чебанов, Ж. А. Соловьева // *Фундаментальные исследования*. – 2015. – № 12-4. – С. 693 – 696.
2. Бинита, С. Обзор алгоритмов оптимизации, вдохновленных биологией / С. Бинита, С. С. Сатъя // *Журнал программных вычислений*. – 2012. – С. 137 – 151.
3. Комплексный обзор теоретических основ / Н. Аднан, С. М. Нордин, И. Рахман и др. // *Журнал энергетических исследований*. – 2017. – С. 317 – 335.
4. Управление парком электромобилей в интеллектуальных сетях: обзор услуг, аспекты оптимизации и управления / Х. Мораис, Дж. Ху, Т. Соуза, М. Линд // *Энергетические исследования*. – 2016. – № 56. – С. 1207 – 1226.

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