УДК 621.31

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ДИНАМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ЛИНИЙ ЭЛЕК-ТРОПЕРЕДАЧ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРЕДЕЛЬНОЙ ОДНОВРЕМЕННОЙ НАГРУЗКИ СИСТЕМ ЗАРЯДНЫХ СТАНЦИЙ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ

Маврин А.И. – аспирант, Ференец А.В. – к.т.н., зав. кафедрой ЭО
Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева-КАИ
Россия, г. Казань

По мере увеличения количества электромобилей мы сталкиваемся с необходимостью управления спросом на зарядку, учитывая имеющиеся резервы мощности подстанций. Хотя долгосрочным решением увеличения резервной мощности является увеличение пропускной способности сети за счет модернизации инфраструктуры, практическим решением является разработка разумной и гибкой технологии, облегчающей работу сети электроснабжения с помощью инструмента динамической оценки линий электропередач (DLR). В системе электроснабжения уровень тепловой мощности, определяемый наихудшими погодными условиями в регионе, влияющими на пропускную способность линий электропередач (ЛЭП), используется для определения пропускной способности в течении всего года, что приводит к недоиспользованию доступной мощности в течение значительного времени работы электростанций. Нам необходимо учитывать, что в России периоды пиковой нагрузки приходятся на зимнее время. В течении зимы вырабатывается наибольшее количество тепловой энергии, что берется за основу в качестве ограничения максимальной безопасной отдаваемой в сеть мощности. Такой подход приводит к недоиспользованию резервов мощности в осенние, весенние и летние периоды. Пропускная способность ЛЭП изменяется динамически, в зависимости от условий окружающей среды.

Технология динамической оценки линий подразумевает модернизацию текущей электроэнергетической инфраструктуры датчиками температуры и степени провисания воздушных кабельных линий. При условии консолидации динамически измеряемых значений показаний датчиков и метеорологических данных возможно применить оценку доступного резерва мощности с учетом условий окружающей среды и, следовательно, увеличить пропускную способность питающей сети систем станций быстрой зарядки электромобилей.

Для оценки дополнительной пропускной способности ЛЭП с применением DLR необходимо воспользоваться следующим уравнением:

$$q_s + q_j\,(T_c, I) = q_s(T_c, T_a, V_m, \varphi) + q_{sc}\,(T_c, T_a), \text{где} \qquad (1)$$

q_{sc}, q_s и q_j – конвекционные потери тепла, потери тепла в результате солнечного нагрева и потери тепла в результате резистивного нагрева соответственно. Величина каждого из этих составляющих зависит от таких

переменных, как температуры проводника, T_c , температуры окружающей среды, T_a, скорости ветра, V_m, и угла атаки ветра, φ.

Для оценки предельно допустимого количества одновременно заряжающихся электромобилей внутри одной системы зарядных станций предлагается использование формулы:

$$N_{EV} = \frac{P_{available}}{P_{EV}}, \text{где} \quad (2)$$

$P_{available}$— доступный резерв мощности подстанции, а P_{EV} — средняя мощность одной зарядной станции, подключённой к распределительной сети.

Оценка значения мощности питающей сети в режиме реального времени для систем электроснабжения со статическим и динамическим управлением представлена на рисунке 1 на примере рабочих параметров питающих сетей за период с 2011 до 2018 в Швеции. В рамках статической оценки предполагается, что температура окружающей среды T_a= 35°C, скорость ветра V_m=0 м/с при максимальном региональном уровне инсоляции.

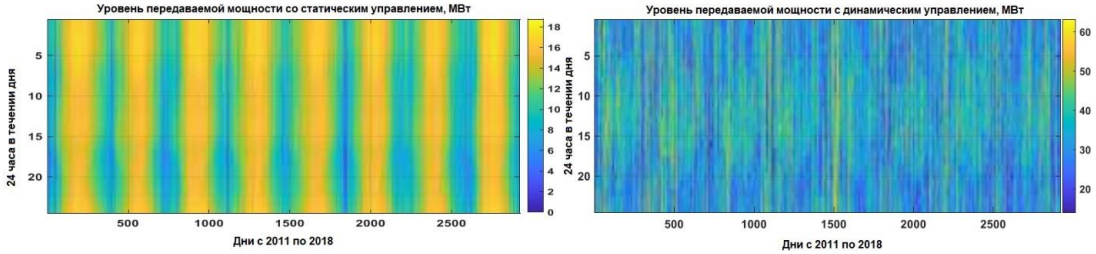

Рисунок 1 – Оценка значения мощности питающей сети в режиме реального времени для систем электроснабжения со статическим и динамическим управлением

Из-за значительно меньшей отопительной нагрузки в течении летнего времени, потенциал увеличения количества электромобилей, питаемых от распределительной сети, увеличивается. Зимой аккумуляторы электромобилей разряжаются быстрее и, следовательно, частота их зарядки возрастает, что приводит к перегрузке сети при статическом регулировании. При динамическом регулировании минимальное значение мощности в рамках рассматриваемого примера составило 15 МВт, около 75% от максимальной пропускной способности при статическом регулировании, как показано на рисунке 1. Пиковое значение отдаваемой в сети мощности достигало значения 60 МВт. В среднем выдаваемая сетью мощность в течении дневного времени, составляла 30-35МВт. Существует, однако, риск переоценки или недооценки мощности теплопередачи при использовании метода DLR, что может привести к отключению части нагрузки.

Приводимые в рамках оценки данные позволяют сделать вывод о применимости метода динамической оценки линий электропередач для определения резервов модности питающей сети. Динамическое правление параметрами сети может позволить реализовать гибкое управление спросом на зарядку

электромобилей в условиях имеющейся зарядной инфраструктуры, а также может обеспечить увеличение предельно допустимого количества одновременно подключаемых электромобилей к системе зарядных станций.

Список литературы:

1. Автостат: Аналитическое информационное агенство: сайт. – Москва, 2025 –. [Электронный ресурс] // URL: https://www.autostat.ru/analytics/archive/2025/2/. (дата обращения: 21.10.2025).

2. Анисимов, В.А. Проектирование электротехнических устройств: учебное пособие [Текст] / В.А. Анисимов, А.О. Горнов, А.А. Фролов; под редакцией В.В. Москаленко; Министерство образования Российской Федерации. – Москва.: Издательствово МЭИ, 2001. 128, [1] с.

3. Бхукья П., Криан С. Ч. Прогнозирование энергопотребления электромобилей и планирование инфраструктуры зарядки электромобилей, основанное на анализе данных [Электронный ресурс] // URL: https://www.researchgate.net/publication/370978369_Data-Driven_Analysis_of_EV_Energy_Prediction_and_Planning_of_EV_Charging_Infrastructure. (дата обращения: 15.10.2025).

4. Маврин, А. И. Анализ существующих сетей станций быстрой зарядки электромобилей [Текст] / А. И. Маврин // Энергетика и автоматизация в современном обществе: Материалы V Международной научно-практической конференции обучающихся и преподавателей, Санкт-Петербург, 20 мая 2022 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, 2022. – С. 84-87.

5. Маврин, А. И. Определение мест установки зарядных станций электромобилей [Текст] / А. И. Маврин // Бутаковские чтения: Материалы I Всероссийской с международным участием молодежной конференции, Томск, 15–16 декабря 2021 года. – Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2021. – С. 112-116.

6. Полищук Н. В. Экологическая логистика: электромобиль, мировой опыт и перспективы использования в России [Электронный ресурс] // URL: https://cyberleninka.ru/article/n/ekologicheskaya-logistika-elektromobil-mirovoy-opyt-i-perspektivy-ispolzovaniya-v-rossii (дата обращения: 21.10.2025).

7. Шепелев А.К., Чанг Ч. Й., Чу Ч.Ч., Радх Р. Проектирование ячеистой сети POS для интеллектуальной инфраструктуры зарядки электромобилей [Электронный ресурс] // URL: https://www.osti.gov/servlets/purl/1332993 (дата обращения: 20.10.2025).

8. Янг Д., Сарма Д.С., Хайланд М.Ф. Динамическое моделирование и управление в режиме реального времени системой станций быстрой зарядки электромобилей. [Электронный ресурс] // URL:https://www.researchgate.net/publication/347442107_Dynamic_Modeling_and_Real-time_Management_of_a_System_of_EV_Fast_charging_Stations (дата обращения: 15.10.2025).