

Энергосистема Беларуси и развитие автотранспорта на электротяге

В связи с предстоящим вводом АЭС с установленной мощностью 2,4 ГВт в Белорусской энергосистеме возникают проблемы обеспечения покрытия переменной части суточного графика электрической нагрузки и особенно ночного спада нагрузки. Это объясняется тем, что в 2020 г., сразу после ввода АЭС, появляется большой избыток генерируемой мощности, а в ночное время электрическая нагрузка энергосистемы снижается до 64 % от максимальной.

Мощность АЭС является базовой, и электростанция может работать только с неизменной постоянной нагрузкой. Переменный режим ее, то есть с разгрузкой и загрузкой, технически неосуществим и опасен, так как может привести к аварии.

В ночное время отопительного периода имеет место также генерация значительной теплофикационной электрической мощности, которая, как и мощность АЭС, может считаться вынужденной, так как обусловлена тепловой нагрузкой. Сумма двух указанных генерирующих мощностей, не считая мощностей, предлагаемых другими электростанциями, оказывается выше требуемой [1]. Решение данной проблемы частично возможно путем разгрузки ТЭЦ, работающих по тепловому графику. Это означает, что часть тепловой нагрузки нужно передавать от отборов турбин на энергетические котлы. Именно так поступают в настоящее время, поскольку данная проблема имеет место даже без АЭС. Вторая возможность – увеличение электрической нагрузки в ночное время на основе подключения потребителей, работающих в режиме ночного потребления электрической энергии. Такими потребителями могут быть аккумуляторы автотранспортных средств, работающих на электрической тяге.

Данное направление развития автотранспорта целесообразно по трем причинам. Первая объясняется интересами энергосистемы, так как при этом обеспечивается совместимость режима работы АЭС с режимом работы энергосистемы, поскольку ввод двух крупных энергоблоков (2×1,2 ГВт) на АЭС, как отмечалось выше, создает проблемы обеспечения прохождения ночного спада электрической нагрузки. Особенно актуально это зимой, когда к генерации АЭС добавляется теплофикационная

© Падалко Л. П., Кузьменок В. И., Иванов Ф. Ф., 2015

мощность всех ТЭЦ энергосистемы, равная примерно 3 ГВт.

Вторая причина объясняется экономическими соображениями. При переводе автотранспорта с жидкого нефтяного топлива на электрическую энергию, которая используется для зарядки аккумуляторов в ночное время, обеспечивается заметная экономия. Покажем это на простом примере [2]. Допустим, легковой автомобиль потребляет 10 л бензина на 100 км пути. При нынешней стоимости бензина, равной 11 тыс. руб./л, стоимость проезда 100 км составит 110 тыс. руб. На проезд 1 км электромобилем расходуется в среднем 0,2 кВт·ч, то есть для расстояния в 100 км расход электроэнергии составит 20 кВт·ч. При зарядке аккумуляторов от АЭС стоимость 1 кВт·ч составит примерно 0,05 долл. Заметим, что ядерное топливо примерно в 5 раз дешевле природного газа, на котором работают тепловые электростанции. Тогда стоимость проезда 100 км на электротяге будет $0,05 \times 20 = 1$ долл., что при нынешнем курсе доллара составит примерно 15 тыс. руб. Как видно, электротяга оказывается в 7,3 раза (110 000 / 15 000) дешевле. Тяговые электродвигатели имеют КПД до 90–95 %, в то же время машина на бензине использует топливо с КПД 20–40 %.

К вышесказанному следует добавить, что запасы нефти заканчиваются. Уже понятно, что XXI век станет закатом нефтяной эры. Наблюдается снижение темпов нефтедобычи в ряде стран, что является первопричиной увеличения стоимости нефтепродуктов и, как

следствие, накладывает определенные ограничения на развитие экономик отдельных государств и мировой экономики в целом. Данное обстоятельство с учетом того, что 80 % механической энергии, которую использует в своей деятельности человек, вырабатывается двигателями внутреннего сгорания, заставляет уже сегодня серьезно задуматься об альтернативном источнике энергии не нефтяного происхождения.

Третья причина – экологическая [3]. Автотранспорт выбрасывает огромное количество загрязняющих веществ, которые наносят вред здоровью людей и растительному миру. Выбросы парниковых газов приводят к изменению климата в глобальном масштабе. Большая насыщенность городов автомобильным транспортом вызывает резкое повышение уровня загрязнения воздушной среды отработавшими газами ДВС. Количественная оценка ущерба от указанных выбросов затруднительна. По данным российских экспертов, денежная оценка ущерба составляет 0,75 долл. на 1 долл. затраченного топлива [4].

В Беларуси на 1 января 2014 г. было зарегистрировано 3 817 792 транспортных средства – в это количество включены легковые и грузовые автомобили, мотоциклы, скутеры и т. д. Таким образом, коэффициент степени автомобилизации в Беларуси – один из самых высоких на постсоветском пространстве: на 1 тыс. белорусов приходится 337,8 транспортного средства.

ЭТАПЫ И МИРОВОЙ ОПЫТ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ

С момента появления первого электромобиля прошло 174 года. Электромобиль появился раньше, чем двигатель внутреннего сгорания. На протяжении полутора веков машины, которые заряжаются от розетки, стали быстрее, лучше, доступнее и, как следствие, популярнее. И все же пока появление такого транспортного средства на наших дорогах скорее исключение, чем правило.

Анализ работ по созданию электромобилей за рубежом, начиная с момента их зарождения и включая сегодняшний день, показывает, что можно условно выделить пять периодов их развития [5]:

- первый период – зарождение (1837–1895 гг.);

- второй – интенсивное развитие и конкуренция (1896–1930 гг.);
- третий – локальное использование (1931–1960 гг.);
- четвертый – широкое проведение опытно-конструкторских работ и выпуск большого числа опытных образцов электромобилей (1961–1982 гг.);
- пятый (после 1982 г.) – определенный спад работ, вызванный резким изменением конъюнктуры на нефтяном рынке и неудачами в эксплуатации опытных партий из-за недостатков источников электроэнергии.

В период с 1966-го по 1971 г. было разработано наибольшее количество опытных образцов электромобилей, хотя дальнейшего заметного развития и применения они, как правило, не находили. Нередко за границей такие разработки носили рекламный характер. Основной причиной застоя в развитии современных конструкций электромобилей явилось отсутствие новых источников электроэнергии, обладающих высокой энергоемкостью при небольшой их стоимости.

В 2014 г. доля электромобилей в Норвегии достигла впечатляющего показателя в 20,3 %. Каждое пятое транспортное средство, зарегистрированное в этой стране, имеет электрический двигатель. Произойти это во многом благодаря усилиям государства. Покупка электрокара не облагается налогом, владельцам таких автомобилей предоставляется бесплатный проезд по платным участкам трасс, а также льготная парковка в центрах крупных городов. Немаловажное значение имеет и тот факт, что в Норвегии производится огромное количество дешевой электроэнергии на базе гидроэлектростанций (заметим, что страна занимает первое место в мире по душевому потреблению электроэнергии).

В декабре 2014 г. стало известно о готовящемся в Украине вводе в эксплуатацию 34 новых станций для подзарядки машин, работающих от электрической энергии. Причем не только дорогих моделей Tesla, но и более доступных по типу Nissan или Renault. В январе 2015-го

в Киеве был запущен экспериментальный сервис такси, автопарк которого состоит из экологических и экономичных электромобилей.

Одной из наиболее удобных для владельцев электромобилей стран являются США. На западном побережье – в Сан-Диего, Сан-Франциско и Портленде – по городам разбросано по 100 заправок станций для таких машин. Этого вполне достаточно, чтобы передвигаться по городским улицам и не волноваться о том, что останешься посреди дороги с разряженным аккумулятором.

В Беларуси компания «А-100» впервые купила электромобиль Nissan Leaf 2011 года выпуска для демонстрационных целей в прошлом году. На одной зарядке электромобиль способен проехать 165 км в городских условиях. Это обычная машина, только ездит практически бесшумно и не грешит вредными выхлопами. От обычной розетки машина заряжается около 8 ч, а на специальной электрической заправке может зарядиться за 30 мин. Эта же компания в октябре прошлого года открыла и первую в Беларуси электрозаправку для электромобилей.

Экспертными расчетами установлено, что при развитой инфраструктурной сети электрических заправок для электромобилей можно уже сегодня проезжать расстояние до 400 км без заправок. Экономия бензина дает возможность с учетом стоимости экологических эффектов (на первом этапе и с государственной поддержкой) обеспечить экономическую целесообразность производства и использования электромобилей.

АККУМУЛЯТОРЫ ДЛЯ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ

На данный момент слабым местом электромобилей является аккумулятор. Сейчас используются в основном литий-ионные аккумуляторы. Их характеристики ухудшаются со временем. Большинство таких аккумуляторов не может служить больше пяти лет. При коротком времени цикла заряда и разряда батарея выдерживает до 2 тыс. циклов.

В настоящее время существуют следующие разновидности литий-ионных

аккумуляторов: на базе кобальтатов лития на графитовых электродах и на основе других элементов – LiNiO₂, LiMnO₂, LiMn₂O₄, LiFePO₄. Автопроизводители используют аккумуляторы с напряжением 36 В, способные отдавать более 15 кВт мощности. Есть модель, состоящая из 200 отдельных никель-металл-гидридных батарей, каждый отдельный элемент которых расположен в коробке из стали и дает напряжение 1,3 В. Батареи собраны вместе в группы по несколько штук. В портативном батарейном источнике питания 50 модулей. Полное напряжение этого источника составляет около 300 В.

В аккумуляторах электромобилей Honda используют элементы с силой тока при разрядке 100 А, а при зарядке – 50 А. Напряжение батареи – 240 В. Автомобили на электротяге Nissan имеют литий-ионные батареи плоского типа. Под днищем авто находится 50 модулей: вес каждого модуля 4 кг, общая энергоотдача – 90 кВт. Этого достаточно, чтобы питать 80-киловаттный электромотор и бортовые системы. Заряженных батарей хватает на 160 км проезда.

В автомобилях на электротяге используется никель-кобальт-марганцевый литиевый аккумулятор. Марганец дешевле кобальта, но срок его службы меньше. Если заменить части кобальта никелем и марганцем, то аккумулятор может получить либо более высокую мощность, либо большую энергетическую плотность. Применяется также никель-кобальт-алюминий. Этот сплав подобен NCM, но алюминий стоит меньше. Используется также фосфат-железный аккумулятор. Данный сплав мог бы стать самым перспективным, поскольку стабилен, безопасен, не имеет проблем с перегревом. Недостатком является то, что данные аккумуляторы работают при более низком напряжении, чем кобальтовый аккумулятор, поэтому батареи и элементов должно быть больше.

Вес всей аккумуляторной батареи в электромобиле составляет от 50 до 400 кг. Но все же литий-ионный аккумулятор вырабатывает примерно вдвое больше энергии на единицу веса, чем предыдущее поколение никель-металл-гидридных аккумуляторов.

Есть много типов востребованных авиационных аккумуляторов. В авиации применяются кислотные (свинцовые) и щелочные (серебряно-цинковые, кадмиево-никелевые и др.) аккумуляторы.

В источниках тока, основанных на обратимых электрохимических системах, израсходованные в процессе разряда активные вещества полностью восстанавливаются при пропускании электрического тока от постороннего источника, то есть происходит накопление энергии.

ЛИТЕРАТУРА.

1. Падалко Л., Дмитриев Г. Выбор оптимальной структуры генерирующих мощностей в Белорусской энергосистеме // Энергетика и ТЭК. – 2012. – № 9.
2. Падалко Л. П. Экономические проблемы формирования и функционирования ядерно-углеводородной энергетической системы Беларуси // Экономика, моделирование, прогнозирование: Сб. науч. тр. – 2013. – Вып. 7.
3. Иванов Ф. Ф., Булавко В. Г. Транспортная безопасность. – Минск: ГИУСТ БГУ, 2013. – 316 с.
4. Лычагин А. А. Об оценке эффективности установок на базе возобновляемых источников энергии // Проблемы теплоснабжения России. – 2005. – № 3.
5. Иванов Ф. Ф. Интеллектуальные транспортные системы: Монография / Под науч. ред. Г. Г. Маньшина; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т экономики. – Минск: Беларуская навука, 2014. – 215 с.

ВЫВОДЫ

1. Ввиду ввода в 2020 г. АЭС в Белорусской энергосистеме возникает значительный избыток генерируемой мощности. Для обеспечения совместимости режима работы АЭС с энергосистемой, особенно в ночное время суток, когда электрическая нагрузка заметно снижается, представляется целесообразным увеличение электропотребления, что может быть осуществлено благодаря развитию автотранспорта на электротяге. Предполагая, что аккумуляторы электромобилей будут заряжаться в ночное время, можно достигнуть существенного повышения нагрузки и тем самым смягчить дисбаланс между предложением и спросом на электрическую мощность. Благодаря замещению жидкого моторного топлива на автотранспортных средствах электроэнергией, выработанной на АЭС, можно получить существенный экономический и экологический эффект.

2. Необходимо провести научно-исследовательские работы по определению экономической целесообразности разработки и производства электромобилей в Беларуси как перспективного транспортного средства, соответствующего IV–V технологическим укладам. На базе этих работ следует определить необходимость организации производства электроаккумуляторов и агрегатов электромобилей, что позволит создать дополнительное количество рабочих мест и в итоге увеличить экспорт наукоемкой продукции.

3. Системный подход и использование уже сегодня перспективных разработок основных составляющих электромобилей (производства аккумуляторов, электрических двигателей, станций заправки электроэнергией, сервисных станций и т. д.) позволит создать прорывные технологии в недалеком будущем во многих отраслях науки.

Аккумуляторы относятся к химическим источникам тока. Принцип действия основан на окислительно-восстановительных процессах, которые происхо-

дят в электролите между активными веществами.

В перспективе можно спрогнозировать полный переход автомобилей

на электротягу с применением литий-ионных аккумуляторов, а также использовать опыт создания аккумуляторов других типов (к примеру, авиационных) и их модификаций. Это особенно относится к городскому транспорту, так как вопрос экологичности у него стоит на первом месте.

К недостаткам транспорта на электротяге можно отнести ограниченный запас хода электромобиля и его высокую стоимость, обусловленную высокой стоимостью аккумуляторных батарей.

Леонид ПАДАЛКО,
доктор экономических наук,
профессор,
главный научный сотрудник
ГНУ «Институт экономики
НАН Беларуси»,
Валерий КУЗЬМЕНОК,
кандидат экономических
наук, заведующий сектором
ГНУ «Институт экономики
НАН Беларуси»,
Федор ИВАНОВ,
старший научный сотрудник
ГНУ «Институт экономики
НАН Беларуси»