

І ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ТРАНСПОРТЕ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ

УДК 629.4.016.12

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ МЕТОДЫ ВОЖДЕНИЯ ПОЕЗДОВ В УСЛОВИЯХ ОПТОВОГО РЫНКА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Е. П. БЛОХИН, А. Н. ПШИНЬКО, В. В. СКАЛОЗУБ, А. П. ИВАНОВ
Днепропетровский национальный университет железнодорожного
транспорта им. акад. В. Лазаряна

В связи с развитием рыночных отношений хозяйствования для железных дорог Украины всевозрастающее значение приобретают проблемы организации перевозок, эффективных по стоимостным критериям. Вместе с тем исследованиям и разработкам в области создания современных ресурсо- и энергосберегающих технологий вождения поездов на электрифицированных участках в условиях работы железных дорог на оптовом рынке электроэнергии (ОРЭ) уделяется недостаточно внимания. Актуальность проблемы развития и совершенствования методов управления движением поездов связана с необходимостью использования критериев минимума стоимости электроэнергии, потребленной на тягу поездов, в то время как в большинстве случаев применяют критерий минимума потребления энергии. При переменных тарифах на электроэнергию в рамках ОРЭ (различия и колебания ее цены по периодам суток, а в некоторых случаях и на различных железнодорожных полигонах) задача расчета оптимальных по стоимости режимов ведения поездов существенно усложняется.

Железнодорожный транспорт Украины – один из значительных в стране потребителей топливно-энергетических ресурсов. За 2007 г. только на тягу поездов им израсходовано порядка 6 млрд кВт·ч электроэнергии. Поэтому сокращение эксплуатационных расходов – важнейшее направление повышения эффективности железных дорог. По оценкам специалистов, переход железных дорог Украины в ОРЭ приведет к ежегодной экономии до 50 млн дол. Начиная с ноября 2006 г., экономия средств на закупку и передачу электроэнергии уже составляет 10 млн дол. В нее входит экономия средств от закупки электроэнергии с ОРЭ, доходы от передачи электроэнергии сетями железных дорог областным поставляющим компаниям. В то же время работа в ОРЭ потребовала автоматизации учета электропотребления. Внедрение автоматизированных систем коммерческого учета электроэнергии (АСКУЭ) достигло 80–95 % (по дорогам), при этом финансовые вложения составили около 5 млн дол.

Для оценки эффективности режимов ведения поездов, оптимальных по стоимости, выполнены исследования по анализу стохастических параметров цены электроэнергии на оптовом рынке, по моделированию и оптимизации движения поезда с учетом стохастических свойств напряжений на токоприемнике при учете необходимости оплаты активной и реактивной энергии. Они свидетельствуют о существенных особенностях технологий и методов вождения поездов в условиях переменных тарифов по критерию минимума стоимости потребленной на тягу электроэнергии. В разработанных технологиях учтены многообразные факторы, которые в должной степени определяют содержание задачи оптимального вождения поездов, имеющей длительный период развития. Сложность этой задачи, в первую очередь, определяется полнотой учета совокупности факторов, которые характеризуют расчетный участок, модель поезда, разнообразные факторы и условия процесса движения поезда по переменному профилю пути, возникающие при этом силы и др. В зависимости от целей управления, достоверности имеющихся данных для расчета оптимальных режимов тяги в работе применяются различные методы, основанные на моделях непрерывного, дискретного оптимального управления, а также смешанных – дискретно-непрерывных. В связи со сложностью получения оптимального режима разработаны модели и методы по формированию рационального управления ведением поезда на основе обобщения данных контрольных поездов. Для этого используются адаптивные подходы систем искусственного интеллекта, в частности, процедуры нечетких экспертных систем.

Для расчетов режимов вождения поездов в условиях ОРЭ построена модель стохастического оптимального управления, учитывающая основные ограничения задачи выбора режимов тяги, целевая функция которой включает прогнозируемые величины тарифа в ОРЭ в различные периоды суток. Параметры математической модели настраиваются на основании данных ОРЭ. В связи с неопределенностью ряда параметров, используемых для расчетов режимов управления, разработан и программно реализован адаптивный метод в виде экспертной системы с нечеткими правилами, предназначенной для выбора рациональных режимов ведения поездов по данным отклонения текущих параметров движения от эталонного управления. Параметрами нечетких правил управления являются различия во времени хода по участку «отставание (сильное, слабое, от-

сутствует)» и «опережение (отсутствует, слабое, сильное)», отклонение скорости, разница масс расчетного и поезда из эталонной поездки и др., а в качестве нечеткого управления выдаются рекомендации по управлению контролером. Выполненные расчеты рационального управления на основе экспертной системы свидетельствуют об эффективности метода.

Рассмотрена проблема компенсации реактивной мощности в системах электроснабжения в связи со стоимостной оптимизацией режимов вождения поездов. Для использования уточненного функционала задачи расчета оптимальных по стоимости режимов тяги по данным опытных поездок на ВЛ-80т построены математические модели коэффициента мощности, что обеспечило возможность учета различия стоимости активной и реактивной энергии.

Разработанная технология ведения поездов по критерию минимума стоимости электроэнергии программно реализована. На основе данных о железнодорожном полигоне, поезде, локомотиве, времени движения, ограничениях по скорости, применяемых тарифах на электроэнергию и др. рассчитывается оптимальный по стоимости режим ведения поезда в виде карты участковых скоростей или перегонных времен хода. Реализована функция сравнительного анализа режимов ведения по различным критериям, а также функция по оценке экономической эффективности применения переменных тарифов для заданного графика движения поездов и железнодорожного полигона.

Многочисленные тяговые расчеты свидетельствуют о существенном различии режимов вождения поездов по критериям минимума стоимости и электропотребления. Главным для ОРЭ является необходимость разработки пакета режимных карт ведения поезда, которые зависят от времени суток. Разработанные методики оценки экономической эффективности режимов тяги в условиях ОРЭ позволяют сделать вывод о возможности аппроксимации функции стоимости с помощью четырех зон с одинаковыми внутри, но различными между собой тарифами.

УДК 621.331:621.311

О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ НА БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ

К. Р. БОЙКОВ

Белорусский государственный университет транспорта

Общепризнано, что основным фактором развития государства является использование источников энергии. В основном мы используем традиционные энергоресурсы, такие как нефть, уголь, природный газ. При этом наносится колоссальный ущерб экологии.

Стоимость энергии, производимой многими альтернативными источниками, уже сегодня ниже стоимости энергии добываемых из недр земли источников. Да и сроки окупаемости строительства установок, использующих ВИЭ (возобновляемые источники энергии), существенно короче. ВИЭ технологии на сегодняшний день уже включают в себя полную стоимость производства энергии. Цены на возобновляемую энергию снижаются, на традиционную – постоянно растут.

Для климатических условий Республики Беларусь использованию солнечной энергии мешает ряд трудностей. Хотя полное количество этой энергии огромно, она неконтролируемо рассеивается. Чтобы получать большие количества энергии, требуются коллекторные поверхности большой площади. Кроме того, возникает проблема нестабильности энергоснабжения: солнце не всегда светит. Даже в пустынях, где преобладает безоблачная погода, день сменяется ночью. Следовательно, необходимы накопители солнечной энергии. Многие виды применения солнечной энергии еще как следует не апробированы, и их экономическая рентабельность не доказана.

Для оценки потенциала использования солнечной энергии на Белорусской ж. д. был проведен полноценный расчет количества солнечной радиации, попадающей на 1 м^2 площади республики, а также сравнительный анализ солнечного сияния. Расчетные усредненные годовые суммы тепловой энергии на выходе теплового коллектора и электрическая мощность на выходе солнечной батареи по областям республики составили: Витебская – 277255–309067 ккал/м², 137,2–143,9 кВт·ч/м²; Минская – 271812–320099 ккал/м², 140,7–149 кВт·ч/м²; Гродненская – 270591–311137 ккал/м², 133–144,9 кВт·ч/м²; Могилевская – 301557–321528 ккал/м², 140–149,7 кВт·ч/м²; Брестская – 309494–343380 ккал/м², 144–154,4 кВт·ч/м²; Гомельская – 318180–363074 ккал/м², 148,1–169 кВт·ч/м².

Были рассчитаны также сроки окупаемости тепловых установок, исходя из удельной стоимости 1 м^2 оборудования. Для солнечных батарей срок окупаемости составил 45 лет, для тепловых коллекторов – около 5 лет.

Проведенные расчеты позволяют сделать следующие выводы: