

УДК 621.336

ББК 31.19

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ SMART GRID

Раевский Н. В.¹, Дурнов В. Г.²

(Забайкальский институт железнодорожного
транспорта – филиал ФГБОУ ВПО «ИрГУПС, Чита»)

Показано, что прогнозирование электропотребления железнодорожным транспортом может быть основано на технологии smart grid. Используя теорию важности критериев, разработана математическая модель выбора оптимальной методики прогнозирования электропотребления железнодорожным транспортом.

Ключевые слова: временной ряд электропотребления, метод прогнозирования, железнодорожный транспорт, технологии smart rid.

1. Введение

Во всем мире наблюдается растущий интерес к бурно развивающемуся на сегодняшний день направлению преобразования электроэнергетики на базе новой концепции, получившей название Smart Grid, или «интеллектуальная (умная) сеть (энергосистема)».

Интеллектуальным сетям присущи такие атрибуты, как появление новых высокотехнологичных продуктов и рынков, а также повышение эффективности работы энергосистемы в целом [1]. В России Smart Grid рассматривается в качестве

¹ Николай Владимирович Раевский, кандидат технических наук, доцент (zdu@zab.megalink.ru).

² Виталий Геннадьевич Дурнов, ассистент (durnov-vitalya@mail.ru, Чита, ул. Инструментальная д. 4 кв. 41, тел. 8-924-473-67-76).

активно – адаптивной сети, которая характеризуется наличием исполнительных органов и механизмов, позволяющих в режиме реального времени изменять топологические параметры сети с целью снижения затрат на передачу электрической энергии клиенту средствами автоматической оценки текущей ситуации. Это невозможно без оперативного и краткосрочного прогнозирования нагрузки потребителей, связанных «интеллектуальной сетью». Реакция системы на прогнозное значение электропотребления, а не на мгновенные значения показаний приборов, позволяет резко увеличить продолжительность работы коммутационной аппаратуры.

В основу концепции Smart Grid заложен базовый подход, затрагивающий интересы всех сторон и клиентоориентированность. Потребителям отведена роль активного участника процесса в части самостоятельного формулирования своих условий. Появляется возможность самостоятельно менять объем получаемой энергии, характера ее потребительских свойств и качества энергетических услуг, на основании баланса своего запроса и возможностей энергосистемы с использованием информации о параметрах цен, объема генерации, надежности энергоснабжения и др.

2. Практическое применение

Железнодорожный транспорт является одним из основных потребителей на рынке электрической энергии (ЭЭ). Свыше 4,5% потребляемой в России электроэнергии идет на тягу поездов. Это составляет около 70 млрд. кВт·час в год. Именно для такого потребителя является одной из важнейших задач применение технологий умных сетей. Объясняется это тем, что данный потребитель имеет индивидуальные технологические циклы работы, характеризующиеся сезонными, суточными и другими факторами. Учет этого приводит к снижению ошибки при прогнозировании электропотребления железнодорожным транспортом. Поскольку мощный потребитель соединен с адаптивной сетью, то появляется необходимость в кратчайшие сроки и технологически безопасно согласовать их работу путем по-

строения оперативного и краткосрочного прогноза его электропотребления.

Одним из приоритетных направлений технологического развития в русле концепции Smart Grid можно назвать разработку систем измерений. На железнодорожном транспорте реализована автоматическая система коммерческого учета электроэнергии (АСКУЭ). Это система дистанционного управления электросетевыми активами и приборами учета, позволяющая оперативно получить необходимую исходную информацию пригодную для управления процессом прогнозирования. Точность контроля и учета, возможность прогнозирования потребления электрической энергии, быстрый анализ потребностей и корректировка объемов производства позволяют эффективно реализовать решения Smart Grid для железнодорожного транспорта.

Практика показывает, что на основе лишь общих представлений о составлении прогноза, сложно наладить квалифицированное прогнозирование электропотребления. Рациональным путем является разработка алгоритма выбора оптимальной методики прогнозирования ЭП, в зависимости от имеющейся исходной информации.

В соответствии с положениями технологии Smart Grid в работе [3] авторами разработан и предложен один из способов классификации методов прогнозирования по критериальной значимости, а так же алгоритм выбора оптимальной методики прогнозирования электропотребления на железнодорожном транспорте. При построении математической модели анализа принятия решения дается формализованное описание доступных вариантов действий и возможных последствий их реализации [2]. При этом особое внимание уделяется выявлению и описанию предпочтений клиента. Его цели моделируются стремлением к увеличению или же уменьшению специальных функций, далее называемых критериями.

3. Математическое описание проблемы

Математическая модель ситуации принятия решения выбора оптимальной методики прогнозирования временных рядов при многих критериях согласно [2] должно включать следующие три элемента: множество вариантов (решений) X , векторный критерий K и отношения предпочтения и безразличия обозначаемые P и I соответственно.

Каждый вариант v из множества всех вариантов V характеризуется значениями критериев K_i , $i=1, \dots, m$, которые называются частными и, будучи записаны по порядку, составляют векторный критерий $K_i=(K_1, \dots, K_m)$. Под критерием K_i следует понимать функцию, определяемую на V и принимающую значение из множества (шкалы) K_x .

Таким образом, каждый вариант v характеризуется m оценками по критериям $K_1(v), \dots, K_m(v)$. Эти числа составляют вектор $K(v)$ или $y(v)$, который будем называть векторной оценкой варианта, так что можно записать равенство:

$$(1) \quad K(v) = (K_1(v), \dots, K_m(v)) = y(v) = (y_1(v), \dots, y_m(v))$$

Сравнение вариантов по предпочтению сводится к сопоставлению их векторных оценок. Множество всех векторных оценок обозначим через Y .

Степень важности критериев осуществляется с помощью качественной оценки вида «один критерий важнее другого» или «оба критерия равноважны». В свою очередь качественные оценки менее информативны, чем количественные, но за то они проще для человека и потому более надежны (меньше возможности появления в них ошибок) [2]. Определение во сколько раз один критерий важнее другого является очень сложной по решению задачей, именно в нахождении коэффициентов важности критериев, поэтому в дальнейшем исследовании мы будем применять качественную важность критериев.

В соответствии с поставленной задачей требуется выбрать оптимальную методику прогнозирования электропотребления в зависимости от поступающей информации, ограниченную количественными и качественными критериями. Данные взаи-

мосьязи альтернатив и критериев представлены в таблице 1, причем градация шкалы принята от одного до пяти, с увеличением которой возрастают предпочтения.

Таблица 1 – Степень важности критериев по альтернативам

№	Варианты, альтернативы	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6	K_7	K_8
1	v_1	5	5	4	4	4	4	3	4
2	v_2	5	5	3	3	2	5	4	2
3	v_3	5	5	3	3	2	4	3	3
4	v_4	5	5	4	4	3	3	3	4
5	v_5	5	5	3	3	3	3	3	3
6	v_6	5	5	4	5	4	4	4	3
7	v_7	5	5	3	3	3	3	3	3
8	v_8	4	5	4	4	4	4	3	4
9	v_9	4	5	4	4	4	4	4	3
10	v_{10}	2	5	4	4	3	4	4	4
11	v_{11}	5	5	4	3	3	4	4	3
12	v_{12}	5	5	4	3	3	4	4	4

В роли альтернатив выступают методики прогнозирования временных рядов электропотребления для краткосрочного периода упреждения: v_1 – адаптивный метод, v_2 – нейронные сети, v_3 – регрессионный анализ, v_4 – авторегрессионный метод, v_5 – имитационное моделирование, v_6 – спектральный анализ, v_7 – экспоненциальное сглаживание, v_8 – метод Хольта-Уинтерса, v_9 – метод Бокса-Джекинсона, v_{10} – метод Брауна, v_{11} – метод Харрисона, v_{12} – модифицированный метод Брауна, так что $V = \{v_1, v_2, v_3, v_4, v_5, v_6, v_7, v_8, v_9, v_{10}, v_{11}, v_{12}\}$. Клиентом определено восемь критериев ($m = 8$): это K_1 – требования к исходной информации по длине ряда, K_2 – значение глубины периода упреждения, K_3 – сложность получения исходной информации, K_4 – требования к исходной информации по количеству переменных, K_5 – время обработки данных, K_6 – вид представления результата, K_7 – стоимость процедуры, K_8 – привлечение дополнительно-

го экспертного мнения, или в векторной форме $K=(K_1, K_2, K_3, K_4, K_5, K_6, K_7, K_8)$.

Оценки каждой альтернативы по девяти критериям образуют ее векторную оценку. Например, векторная оценка $K(v_1)$ первой альтернативы v_1 есть (5, 5, 4, 4, 4, 4, 3, 4). Таким образом, всего имеется двенадцать разных векторных оценок, на основе которых и осуществляется сравнение альтернатив.

Отбор доминируемых альтернатив согласно определениям В. В. Подиновского [2] производится по правилу: критерий K_i важнее критерия K_j , когда всякая векторная оценка i критерия предпочтительнее, чем j критерия. Результаты анализа критериев по важности, подсчитанные с помощью DASS System, которая предназначена для демонстрации возможностей применения теории важности критериев, для задач принятия решений.

Выявлено что методика спектрального анализа является единственной по отсутствию эквивалентных альтернатив. Результаты применения спектрального анализа прогнозирования представлены на рисунке 1, максимальная погрешность, которого лежит в пределах интервала $\pm 5\%$.

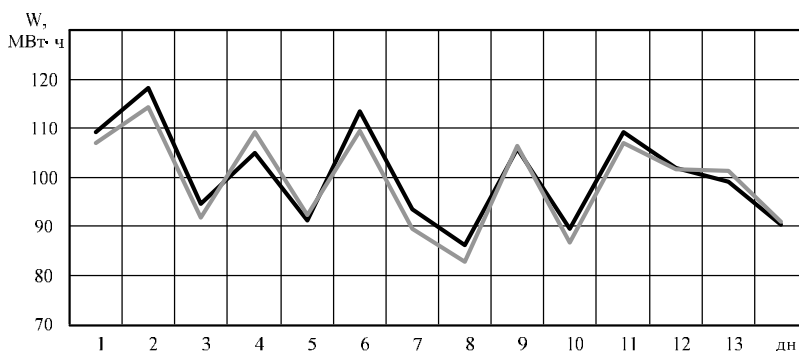


Рис. 1. Соотношение фактического и прогнозного электропотребления

4. Выводы

1. Организация электроснабжения железнодорожного транспорта от сетей Smart Grid, требует применения оперативного и краткосрочного прогнозирования нагрузки тяговых подстанций с погрешность $\pm 5\%$.
2. Для выбора методики прогнозирования целесообразно использовать теорию важности критериев.
3. Оптимальной методикой краткосрочного прогнозирования ЭП железнодорожным транспортом является спектральный анализ.

Литература

1. ЛЕДИН С. С. *Интеллектуальные сети Smart Grid – будущее российской энергетики* / Автоматизация в энергетике. Ежемесячный отраслевой научно-производственный журнал №11 (16), 2010.
2. ПОДИНОВСКИЙ В. В. *Введение в теорию важности критериев в многокритериальных задачах принятия решений*. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 64 с.
3. РАЕВСКИЙ Н. В., ЯКОВЛЕВ Д. А., ДУРНОВ В. Г. *Выбор оптимальной методики прогнозирования временных рядов электропотребления* / Современные технологии. Системный анализ. Моделирование №3 (31), 2011.

THE POWER CONSUMPTION FORECASTING ON BASE OF TECHNOLOGY SMART GRID

Nikolay Raevsky, professor of “Electricity supplying” chair ZabIZHT, (Chita, zdu@zab.megalink.ru)

Vitalya Durnov, assistant professor of “Electricity supplying” chair ZabIZHT, (Chita, durnov-vitalya@mail.ru)

Abstract: It is shown, that power consumption forecasting by rail can be based at technology smart grid. Using the theory of importance of criteria, the mathematical model of a choice of an optimum technique of forecasting of power consumption by rail is developed.

Keywords: time series of power energy consumption, a method of forecasting, railway transport, technology smart srid.