

АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ОБЪЕДИНЕННОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЕ УКРАИНЫ

В. А. Маляренко, И. Е. Щербак

Проанализировано производство и потребление электрической энергии различными отраслями народного хозяйства Украины. Рассмотрены, в том числе в течение суток возможности применения для населения тарифов, дифференцированных во времени. Даны рекомендации по совершенствованию использования топливно-энергетических ресурсов в ЖКХ.

Ключевые слова: топливно-энергетические ресурсы, электроэнергетика, электроприборы, график электрической нагрузки, потребитель-регуляторы.

В настоящее время украинская энергетика характеризуется недостаточной эффективностью, устойчивостью и надежностью. Такие факторы, как износ основных фондов, устаревшая структура генерации, дефицит энергетического сырья, значительные потери электрической и тепловой энергии при их передаче приводят к снижению показателей качества, надежности и экономичности электроснабжения потребителей. Отмеченная проблема является государственной и требует значительных инвестиций в электроэнергетику.

В работе [1] приведены данные о состоянии электроэнергетики Украины на начало 2011 года. Отмечено, что износ мощности энергоблоков АЭС и ТЭС, а также остановки блоков ТЭС, связанные со снижением ночной нагрузки, приводят к значительным потерям дефицитного топлива.

Нерешенным остается вопрос неравномерности потребления электроэнергии, что приводит к повышению использования топливно-энергетических ресурсов. Актуальной является проблема разработки средств выравнивания режимов электропотребления.

Важным направлением совершенствования организации электропотребления является исследование и разработка способов заполнения ночного провала нагрузки энергосистемы путем регулирования суточного графика нагрузки с помощью потребителей-регуляторов. Круг этих вопросов в течение длительного времени находится в центре исследований многих отечественных и зарубежных ученых. Данная проблема была и остается актуальной, во многом определяющей решение вопросов усовершенствования организации электроснабжения.

Цель работы – определить и оценить ситуацию в сфере потребления электроэнергии,

предложить конкретные рекомендации по ее улучшению.

Как известно, электроэнергетика является базовой отраслью народнохозяйственного комплекса, а использование электроэнергии – движущей силой научно-технического прогресса.

Объемы производства электроэнергии в Украине за последние годы представлены на рисунке 1. Как видно, электропотребление с 2001 по 2007 год увеличивалось, с 2008 года начался его спад, уже с 2010 года объемы потребления снова начали возрастать. По итогам 2012 г. производство электроэнергии в Украине возобновилось до 198,1 млрд. кВт·ч и по сравнению с 2011 годом возросло на 2,2 %.

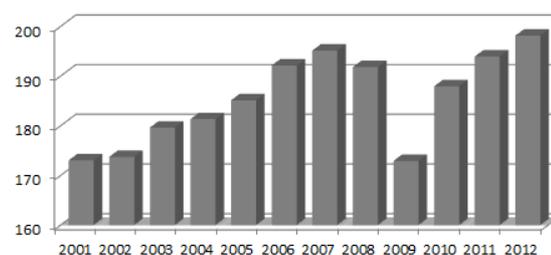


Рисунок 1 – Объемы производства электроэнергии в ОЭС Украины, млрд. кВт·ч

В целом за последние 8 лет на долю различных отраслей промышленности приходится около 50 % общего потребления электроэнергии, в том числе: металлургической – 24,5–27%, топливной – 5,9–6,6 %, машиностроительной – 4,0–4,3 %, химической и нефтехимической – 4,0–4,3 %, пищевой и перерабатывающей – 3,1 %, других промышленных потребителей – 3,8–3,9 %. Тенденция потребления электрической энергии наиболее энергоемкими отраслями народного хозяйства показана на рисунке 2.

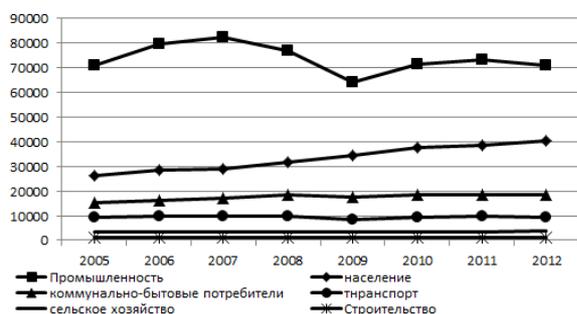


Рисунок 2 – Структура и динамика потребления электрической энергии за 2005-2012 гг., млн. кВт·ч

Как видно из рисунка 2, в последние годы наблюдается устойчивый рост потребления электрической энергии населением. В то же время, начиная с 2007 г., отмечается резкое снижение потребления электроэнергии промышленностью. Однако, именно в этот период стремительно увеличиваются темпы роста потребления электроэнергии населением и коммунальными предприятиями.

Структура потребления электроэнергии по видам экономической деятельности в 2012 г. приведена на рисунке 3.



Рисунок 3 – Структура потребления электрической энергии в 2012 г.

Доля промышленности в общем объеме потребления электроэнергии в 2012 году составляет 47,1 %, населения и коммунально-бытовых потребителей – 39 %. Начиная с 2011 года, потребление электрической энергии населением в процентном отношении превышает потребление любой отраслью промышленности. Таким образом, по темпам и объемам потребления лидирует население, второе место принадлежит металлургической промышленности, а замыкают тройку – коммунально-бытовые потребители, которые

подразделяются на жилой и общественный секторы.

Увеличение спроса на электроэнергию населением во многом происходит за счет роста оснащенности квартир бытовыми электроприборами (стиральными машинами, холодильниками большой мощности, бойлерами, электрическими чайниками и т. п.) – неотъемлемым атрибутом современной жизни.

Проанализировав объемы потребления электроэнергии за 2009 год (рисунок 4), можно отметить, что в период конец осени - начало весны потребление электроэнергии значительно превышает потребление других месяцев. Можно предположить, что существенные объемы электропотребления в холодный зимний период связаны с использованием населением электрообогревателей. Тем более, что жилищный сектор испытывает значительный дефицит в обеспечении теплом. Существенное количество жилых помещений подключено к централизованному теплоснабжению, которое, к сожалению, работает недостаточно эффективно по ряду причин (отсутствие и несвоевременная поставка топлива, в первую очередь, газа, плохое состояние внешних и внутридомовых тепловых сетей и др.). Все это ведет к необходимости использования альтернативного теплоснабжения, в частности, применения для отопления электроэнергии.



Рисунок 4 – Потребление электрической энергии на протяжении 2009 года, млн. кВт·ч

Свою долю в повышение объемов электропотребления вносят светильники, связанная с ними нагрузка на домовые электрические сети резко возрастает зимой, особенно в утренние и вечерние часы. Днем и ночью она снижается, внося тем самым неравномерность в суточное потребление. Как следствие, потребление электроэнергии в течение года (рисунок 4) и суток (рисунок 7) отличается крайней неравномерностью. На график

АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ОБЪЕДИНЕННОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЕ УКРАИНЫ

электрической нагрузки влияет световая продолжительность дня (t , часы) и температура воздуха окружающей среды (T , °C).

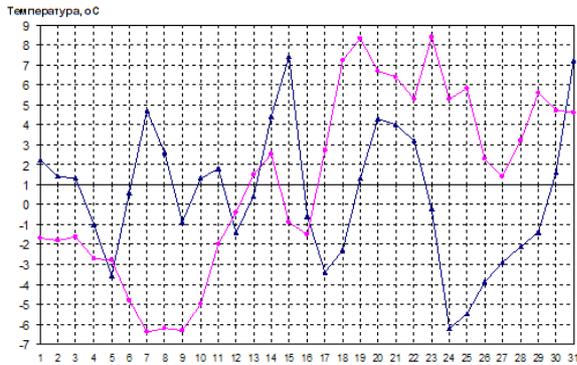


Рисунок 5 – Температура окружающей среды в Украине в марте 2012 и 2013 годов

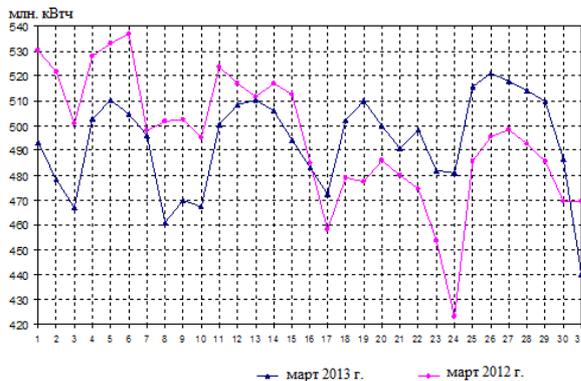


Рисунок 6 – Потребление электрической энергии в Украине в марте 2012 и 2013 годов (сумма областей)

Из рисунка 5 видно, что до середины данного месяца 2013 года температура воздуха была выше чем в 2012 году, а затем с середины месяца наблюдается обратная ситуация – температура воздуха в 2012 повысилась, а в 2013 – понизилась. Соответственно, потребление электрической энергии в начале марта 2012 года было выше, чем в 2013 году, а с повышением температуры в 2012 году понизилось потребление электрической энергии, что представлено на рисунке 6. То есть просматривается уменьшение потребления мощности с увеличением температуры воздуха и наоборот.

В качестве примера изменения электропотребления в течение суток на рисунке 7 приведен средний график нагрузки в рабочие дни за март 2012 и 2013 годов. Эти графики отражают одинаковый резко неравномерный характер электропотребления в течение су-

ток и отличаются лишь незначительным уменьшением электропотребления в 2013 г.

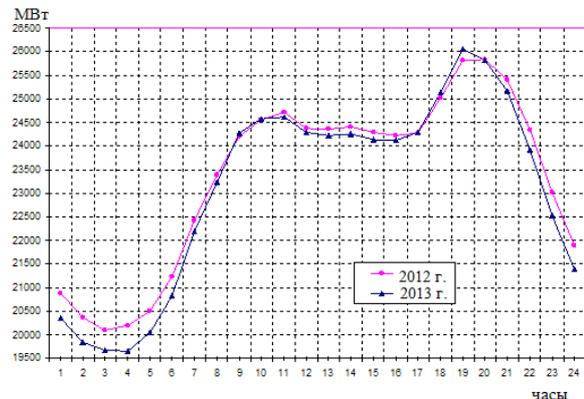


Рисунок 7 – Среднее потребление электрической мощности в Украине по часам суток в марте 2012 и 2013 годов за рабочие дни

Известно, что суточная неравномерность нагрузки отрицательно влияет на весь процесс производства, передачи и распределения электрической энергии.

Рассмотрим режимы работы энергосистемы и ее участие в покрытии суточного графика нагрузки потребителей электроэнергии. Нагрузка электросистемы состоит из: нагрузок потребителей, присоединенных к сетям системы; мощностей собственных производственных нужд электростанций различного типа (ТЭС, ТЭЦ, АЭС, ГЭС, ГАЭС и др.); потерь электрической мощности в электросетях [2]. В таблице 1 указан фактический баланс мощности в день максимальной нагрузки за 3 месяца 2013 г. и мощности электростанций, участвующих в выработке электроэнергии [3].

Покрытие базовой части суточного графика нагрузки наиболее целесообразно и экономически выгодно обеспечивать за счет АЭС из-за сложности регулирования мощности и учитывая условия безопасности эксплуатации реакторов. ТЭЦ работают максимально экономично, если их электрическая мощность соответствует тепловому потреблению. Использование мощности ГЭС должно удовлетворять минимальный пропуск воды, необходимый по санитарным требованиям и условиям судоходства. При этом покрытие пиковой части суточного графика нагрузки, как правило, обеспечивается за счет агрегатов ГЭС и ГАЭС, которые допускают возможность частых включений и отключений, а также быстрых изменений нагрузок.

МАЛЯРЕНКО В. А., ЩЕРБАК И. Е.

Таблица 1 – Фактический баланс мощности за сутки максимума электропотребления в первые 3 месяца 2013 г., МВт

	10.01.2013 (четверг)		18.02.13 (понедельник)		26.03.2013 (вторник)	
	Минимум 04:00	Максимум 18:00	Минимум 04:00	Максимум 18:00	Минимум 04:00	Максимум 19:00
Потребление	20931	28172	19558	26825	20362	26638
Закачка ГАЭС	-735	-	-735	-	-743	-
Покрытие:	22453	29171	21326	28268	22326	28270
АЭС	11880	11881	10943	10927	10065	10049
ТЭС, в том числе:	10439	13851	9974	13875	10744	14080
ТЭС ГК	7540	10798	7073	10963	7959	11314
ТЭЦ (Киевская ТЭЦ-5, ТЭЦ-6, Харьковская ТЭЦ-5)	1060	1201	1052	1047	1063	1057
Другие ТЭЦ	1808	1820	1849	1865	1722	1709
ВИЭ	31	32	5	4	61	66
ГЭС	134	2604	404	2653	1456	3266
ГАЭС	-	835	-	809	-	809
Сальдо внешних перетоков	-787	-999	-1033	-1443	-1221	-1632
Количество блоков ТЭС ГК в работе	44	50,5	42,5	51	47,5	52,5

Очевидно, чем более неравномерный график нагрузки энергосистемы, тем большая мощность ГЭС и ГАЭС необходима для обеспечения экономичной работы базовых генерирующих агрегатов ТЭС и АЭС без резкого снижения их нагрузки в ночные часы, в выходные и предпраздничные дни или полного отключения [4]. Разница между максимальной и минимальной нагрузкой за сутки составляет примерно 7000 МВт (таблица 1). В часы минимума для заполнения провала графика нагрузки происходит закачка ГАЭС. ГЭС и ГАЭС в часы максимального потребления электроэнергии покрывают 40-50 % разницы между максимальной и минимальной нагрузкой.

Оперативное управление режимами производства электрической энергии в ОЭС Украины осуществляется главным образом за счет использования маневренных возможностей конденсационных энергоблоков ТЭС генерирующих компаний, достаточно низкоэффективных и без этого, а также путем изменения их количества, находящегося в работе в течение суток.

ТЭС все еще остаются важным средством регулирования режимов производства электрической энергии в объединенной энергосистеме в ночное время. В связи с вынужденным использованием энергоблоков ТЭС в качестве маневренных мощностей энергосистема несет значительные дополнительные эксплуатационные расходы, которые могут быть существенно уменьшены в случае выравнивания суточных графиков нагрузки энергосистемы. Это, в частности, можно осу-

ществлять путем управления спросом потребителей на электрическую мощность.

В среднем порядка 6,5 блоков ТЭС (таблица 1) необходимо останавливать на 4-6 часов в ночное время. При таком регулировании большую часть времени блоки ТЭС работают в режиме недогрузки, что приводит к уменьшению коэффициента полезного действия, увеличению эксплуатационных расходов и перерасходу топлива.

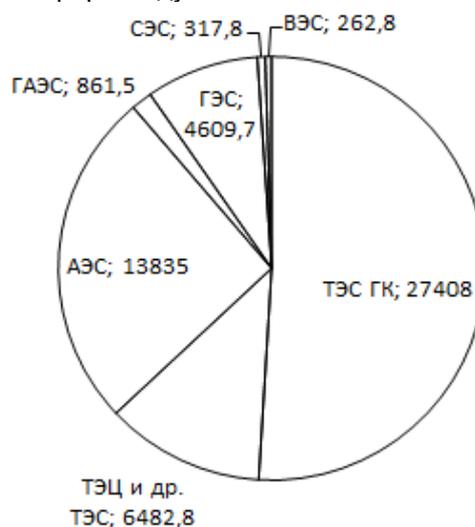


Рисунок 8 – Установленная мощность генерирующего оборудования ОЭС Украины на начало 2013 года, МВт

Еще один важный вывод следует из анализа производства и потребления электрической энергии: Украина обладает избыточными мощностями для производства

АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ОБЪЕДИНЕННОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЕ УКРАИНЫ

электроэнергии. Поэтому часть произведенной электроэнергии (2-5 %) экспортируется.

Украина имеет серьезный избыточный энергоресурс, а именно - электроэнергию, и последовательно наращивает объемы экспорта электроэнергии. Если предположить, что такие темпы сохранятся в ближайшие годы, то электроэнергия вполне может стать одной из важнейших статей украинского экспорта, принося стране миллиарды валютной выручки.

Электроэнергия, как и любой другой товар, должна соответствовать определенным критериям качества, в данном случае, – уровню напряжения в электросети. Необходимо строго соблюдать установленные параметры напряжения и частоты. Обеспечить их возможно за счет регулирующих энергоустановок, которые подключаются в моменты пикового потребления и отключаются в период спада нагрузки. В то же время, в отечественной энергосистеме возможности маневрирования мощностями электростанций весьма ограничены.

Наиболее проблемным фактором украинской энергетики является значительный износ энергетического оборудования, основу которого составляют блоки ТЭС и АЭС. Коэффициент износа мощностей атомных энергоблоков достиг 65 %. В настоящее время в Украине на 4-х АЭС действуют 13 ВВЭР-1000 и 2 ВВЭР-440 ядерных энергоблоков с общей установленной мощностью 13835 МВт. Из 15 атомных блоков для 12 энергоблоков в следующем 10-летию завершается запроектированный срок эксплуатации [5]. Что касается ТЭС, то по состоянию на 2011 год 95 % энергоблоков уже отработали расчетный ресурс (100 000 часов), а 65 % пересекли не только границу предельного (170000 часов) но и границу физического износа (200000 часов). Регулирующие возможности пылеугольных блоков 150-300 МВт составляют в среднем около 20 % номинальной мощности [1].

В связи с недостаточными инвестициями в развитие и техническое перевооружение электрических сетей, совершенствование систем управления и учета электроэнергии, возник целый ряд тенденций, негативно влияющих на уровень потерь в электрических сетях. В низковольтных сетях из-за несимметрии нагрузок и неравномерности графика потребления значительно увеличиваются потери мощности, ухудшается качество электрической энергии у потребителей. Если в соответствии с существующими нормами потери энергии в низковольтных сетях не долж-

ны превышать 2-3 % от передаваемой мощности, то реально в настоящее время они составляют 12-18 %. Это связано с использованием устаревшего оборудования, физическим и моральным износом средств учета электроэнергии, несоответствием установленного оборудования передаваемой мощности. При таких значительных потерях не может быть обеспечено качество электрической энергии. В эксплуатации находится значительное количество силовых трансформаторов, отработавших свой срок службы. В связи с этим возникает вопрос оценки и прогнозирования ресурсных показателей.

Попытки согласования процессов электропотребления и производства электроэнергии отражаются в различных тарифах на электроэнергию. Но в любом случае в каждом из них содержится направленность на использование экономических рычагов принуждения потребителей электроэнергии внедрять меры по выравниванию электрической нагрузки [6].

Поскольку электросистема несет значительные дополнительные расходы, вызванные неравномерностью режима электропотребления, а следовательно, и производства электроэнергии, одним из очень перспективных путей экономии топливно-энергетических ресурсов при выработке электроэнергии является привлечение к выравниванию графика нагрузки энергосистемы потребителей-регуляторов (вместо использования дополнительных резервных маневренных мощностей, покрывающих пиковые нагрузки при резко неравномерных суточных графиках нагрузки электропотребителей).

Эффективность мер по выравниванию нагрузки зависит от выбора потребителей-регуляторов (ПР) и организации режима работы, поэтому задача поиска потребителей-регуляторов является актуальной. Потребитель может стать потребителем-регулятором только при наличии определенных технологических условий: должен оказывать значительное влияние на суммарную суточную нагрузку ТП, изменение режима его работы не вносит негативного влияния в общий процесс производства и потребления электроэнергии.

Потребители-регуляторы должны свободно менять режим работы в соответствии с графиком нагрузки, снижать или совсем отключать нагрузку в часы пика, переносить их во внепиковые зоны нагрузки энергосистемы. Тем самым они заполняют ночной провал в графике, уменьшая разницу между максимальной и минимальной нагрузками. За счет

привлечения в любую электроэнергетическую систему, в частности Украины, таких потребителей, появляется возможность частично отказаться от использования генерирующих мощностей ТЭС в маневренном режиме.

Учитывая значительное потребление электроэнергии населением, одним из перспективных направлений регулирования пиковых нагрузок энергосистемы может оказаться данный сектор ЖКХ страны. Однако, для этого требуется детальная проработка стратегий и соответствующих программ воздействия на население и коммунально-бытовых потребителей. Не сбавляя объемов, а перенося потребление со времени максимума на время минимальной нагрузки, это возможно сделать за счет таких потребителей-регуляторов, как системы нагрева воды электроэнергией. Следует постепенно отказываться от использования в системах энергоснабжения ЖКХ дорогого импортного газа, переводить их на уголь и электроэнергию, активно внедрять использование дешевого ночного тарифа. Для того, чтобы указанные направления стали реальными, они должны стать частью реформы не существующей в настоящее время жилищно-коммунального хозяйства страны. Однако, это уже тема для отдельного обсуждения [7].

ВЫВОДЫ.

Первоочередной задачей, стоящей перед энергетикой Украины, является сокращение объемов и удельного веса потребления природного газа, смещение акцентов в сторону использования угля как собственного энергетического ресурса, возобновляемых источников энергии и электроэнергии как нетрадиционного энергоресурса в системах теплоснабжения и горячего водоснабжения.

Объединенная энергосистема нуждается в обновлении и дальнейшем развитии темпы которого должны опережать рост потребления энергии. Крайне необходимо улучшение технико-экономических показателей работы действующего оборудования, его реконструкция, совершенствование режимов работы и проведение качественных ремонтов, уменьшение потерь во всех составляющих «источник-сеть-потребитель».

Важное место должны занять мероприятия по стимулированию потребления энергии в часы суточной минимальной нагрузки энергосистемы путем привлечения потребителей-регуляторов и применения многотарифных электросчетчиков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дерзкий, В. Г. Реформирование рынка в электроэнергетике Украины и ценообразование [Текст] / В. Г. Дерзкий // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. – 2012. – № 11. – С. 13–29.
2. Гура, К. Ю. Выравнивание графика нагрузки и применение многотарифных электросчетчиков – реальный путь экономии энергоресурсов [Электронный ресурс] // Электрик. Международный электротехнический журнал. – 2010. – № 1–2. – Электрон. дан. (1 файл). – Режим доступа: <http://electrician.com.ua/magazine/view793.html>. – Заглавие с экрана.
3. НЕК «Укрэнерго» Режимы работы ОЭС України [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <http://www.ukrenergo.energy.gov.ua>
4. Электрическая часть станций и подстанций [Текст] / А. А. Васильев, И. П. Крючков, Е. Ф. Наяшкова и др. – М. : Энергоатомиздат, 1990. – 576 с.
5. Неклюдов, И. М. Состояние и проблемы атомной энергетики в Украине [Текст] / И. М. Неклюдов. // Вопросы атомной науки и техники. – 2007. – № 2. – С. 3–9.
6. Находов, В. Ф. Методологія аналізу та корегування впливу диференційованих тарифів на конфігурацію графіків навантаження енергосистеми України [Текст] / В. Ф. Находов, Т. В. Яроцька, А. О. Горбоненко // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2011. – № 6. – С. 72–75.
7. Колотило, И. Д. Реформирование отрасли, или выход из финансового кризиса предприятий жилищно-коммунального хозяйства [Текст] / И. Д. Колотило // Зеркало недели. Украина. – № 12, 29 марта 2013.

Маляренко В. А., лауреат Государственной премии в области науки и техники, заслуженный деятель науки и техники Украины, д.т.н., профессор, E-mail: malyarenko@ksame.kharkov.ua, Щербак И. Е., аспирантка, E-mail: k.irishka@meta.ua, Украина, г. Харьков, Харьковский национальный университет городского хозяйства им. А. Н. Бекетова, кафедра «Электроснабжение городов», +3(8057)707-31-17.