

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В ПСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

В данной статье рассматриваются вопросы, связанные с развитием интеллектуальной энергетики в Псковской области, выделены основные подходы к реализации интеллектуальных энергетических систем (ИЭС) и этапы построения ИЭС в регионе.

Суть концепции интеллектуальных энергетических систем (ИЭС). В настоящее время в мире и в России, в том числе, исследуются и формируются новые концептуальные положения развития топливно-энергетического комплекса (ТЭК) в глобальном и национальных масштабах, соответствующие новым целям и тенденциям развития мировой и национальной экономик стран и новому характеру угроз экономического, экологического и социального характера. Технологическая инфраструктура современных электроэнергетических систем является сложной и включает в себя множество различных пространственно распределенных, но взаимосвязанных технических элементов, в режиме реального времени осуществляющих процессы производства, передачи и распределения электрической энергии и реализующих общую стратегическую цель – обеспечить надежное электроснабжение потребителей энергии.

Традиционные технологии управления громадными потоками электрической энергии в системах с современной, сложной инфраструктурой стали ненадежными, о чем свидетельствуют многочисленные системные аварии в США, Европе и России: системная авария в США и Канаде, 14 августа 2003 г.; системная авария в Западной Сибири на Саяно-Шушенской ГЭС, 11 августа 2009 г. и т.д. В связи с этим предлагается разработка новой концепции управления потоками электрической энергии, под названием «умной» (SmartGrids) или интеллектуальной.

Основная концептуальная идея интеллектуальных энергетических систем заключается в создании системно интегрированной и самоуправляемой в режиме реального времени энергетической системы, имеющей единую сетевую инфраструктуру, технологически (посредством ЛЭП) и информационно связывающую все генерирующие источники энергии и все множество потребителей в пределах всей страны или отдельного региона. Экономическая стратегическая цель создания интеллектуальных энергетических систем состоит в возможности обеспечения наиболее надежного, безопасного и энергоэффективного режима работы системы в любой реальный момент времени при любых меняющихся условиях их внешней и внутренней среды [1].

Основные цели ИЭС: доступность – обеспечение потребителей энергией в соответствии с необходимыми им параметрами времени, места и качества; надежность – возможность противостояния энергосистемы физическим и информационным негативным воздействиям без тотальных отключений или высоких затрат на восстановительные работы, а также ее максимально быстрое восстановление (самовосстановление); экономичность – оптимизация тарифов на поставку и снижение общесистемных затрат на производство и распределение электрической энергии; эффективность – максимизация эффективности использования всех видов ресурсов и технологий при производстве, передаче, распределении и потреблении электроэнергии; органичность с окружающей средой – снижение негативного воздействия на окружающую среду; безопасность – недопущение ситуаций в электроэнергетике, потенциально опасных для людей и окружающей среды [2].

Состояние энергетики региона в настоящее время. В 2009 году полезный отпуск электроэнергии потребителям Псковской области составил 1 млрд. 607,9 млн. кВт.ч. В сравнении с 2008 годом потребление снизилось в целом на 0,8% или на 12,9 млн. кВт.ч. Самое большое падение потребления электроэнергии наблюдалось в промышленности, электропотребление этой группы составило 396,2 млн. кВт.ч, что на 7,4% или на 31,5 млн. кВт.ч ниже аналогичного показателя 2008 года. Снижение потребления

электроэнергии промышленными предприятиями региона в основном связано со снижением объемов производства, вызванного экономическим кризисом.

Суммарная генерирующая мощность энергосистемы региона составляет 437,09 МВт. Среднегодовая сетевая передаваемая мощность находится в пределах 165,9 – 184,9 МВт. [3] Если сравнить с генерирующей мощностью, то ясно, что имеется избыток установленной генерирующей мощности, т.к. на различных предприятиях в течение суток электроэнергия потребляется крайне неравномерно, в то время как генерирующие предприятия вырабатывают энергию круглосуточно, вследствие чего имеются дополнительные потери электроэнергии и неполное использование установленных генерирующих мощностей. Плотность электрических нагрузок на территории Псковской области при площади региона 55300 км^2 составляет $7,9 \text{ кВт/км}^2$, что является очень низким показателем.

В то же время, в 2009 году на 7,8% или на 5,3 млн. кВт.ч больше аналогичного показателя 2008 года увеличилось потребление электроэнергии сельскохозяйственными потребителями. В 2009 году оно достигло 73,8 млн. кВт.ч. Потребление электроэнергии населением Псковской области увеличилось на 3,9% или на 19,3 млн. кВт.ч, составив в целом 513,8 млн. кВт.ч. За 18 дней января 2010 года потребление электроэнергии в Псковской области составило 113,4 млн. кВт.ч, что на 8,2% или на 8,6 млн. кВт.ч выше показателя аналогичного периода прошлого, 2009 года. Основной причиной этого, по мнению специалистов сбытовой компании, является аномально низкая для последних лет температура воздуха [4].

Учитывая современные международные тенденции развития электроэнергетики, можно сделать вывод, что для ведения энергосберегающей политики в Псковской области целесообразна разработка и использование интеллектуальной энергетической системы. Внедрение ИЭС позволит повысить устойчивость, энергобезопасность и энергоэффективность Псковской области. Учитывая низкую плотность электрических нагрузок, можно также говорить о перспективности и целесообразности развития средств малой энергетики, объединенных в общую энергосистему. Интеллектуальные технологии могут способствовать эффективному управлению такой модернизированной энергосистемой региона.

Условия и факторы, способствующие применению интеллектуальных энергетических систем в Псковской области. Основными условиями, способствующими применению ИЭС являются:

1. Недостаточная энергоэффективность региона, к факторам которого можно отнести:

- 1.1. Большая рассредоточенность потребителей
- 1.2. Низкая плотность электрических нагрузок ($7,9 \text{ кВт/км}^2$, при площади региона 55300 км^2)
- 1.3. Неравномерность суточного потребления энергии, наличие пиковых нагрузок
- 1.4. Потери при передаче и распределении энергии
- 1.5. Неполное использование установленных генерирующих мощностей
- 1.6. Использование потребителями устаревшего оборудования и технологий
2. Недостаточная энергобезопасность, к факторам которого можно отнести:
 - 2.1. Низкая концентрация и территориальная распределённость генерирующих мощностей
 - 2.2. Сложное географическое расположение генерирующих предприятий и трансформаторных подстанций
 - 2.3. Большая протяженность линий электропередач между различными элементами сети
 - 2.4. Неэффективное снабжение энергией потребителей в случае аварии
3. Недостаточная экологическая безопасность

Основные подходы к реализации целей концепции ИЭС в Псковской области.

В основу достижения вышеназванных целей в концепции SmartGrid заложены следующие базовые подходы:

1. Учёт интересов всех сторон и клиентоориентированность. Принятие решений по развитию и функционированию электроэнергетики происходит с помощью сбалансирования массива требований сторон в контексте ожидаемых ими выгод и затрат, где потребителю отведена роль активного участника процесса в части самостоятельного формулирования своих условий относительно объема получаемой энергии, характера ее потребительских свойств и качества энергетических услуг.
2. Возрастание роли управления как ведущего фактора развития и способа реализации формируемых требований. Улучшение управляемости отдельных элементов и энергосистемы в целом.
3. Превращение информационных связей в основополагающий элемент, обеспечивающий переход от энергетической системы к качественно новой — энергоинформационной. Причем информация выступает главным средством оптимизации управления. Реализация целей концепции ИЭС на базе рассмотренных подходов, по мнению идеологов концепции SmartGrid, может осуществляться как путем совершенствования традиционных, так и создания принципиально новых свойств энергосистемы.

Этапы построения ИЭС в регионе Необходимо выделить основные этапы построения ИЭС в Псковской области:

1. Умный учет. Наиболее значимым этапом построения интеллектуальной сети должна стать организация «умного учета» (SmartMetering). Зарубежные разработчики под столь звучным термином подразумевают комплексную автоматизацию процессов: 1) снятия показаний со счетчиков; 2) удаленного управления приборами учета; 3) анализа собираемых данных. Умные счетчики измеряют объем энергопотребления, предоставляют информацию для осуществления контроля электроэнергетическим компаниям, а также передают ее конечным пользователям, что позволяет внедрить многотарифный учёт, а значит, заинтересовать потребителя в энергосбережении. Данная технология способствует минимизации затрат, поскольку отпадает необходимость снятия показаний со счетчиков вручную, снижает уровень коммерческих потерь и дает возможность вести дистанционный контроль работы сети.
2. Умная сеть. Следующим этапом в практике внедрения интеллектуальных технологий в электроэнергетике является «умная сеть» (SmartGrid). Подобные технологии уже используются за рубежом для удаленного управления работой энергосистемы, в том числе для учета и анализа технологических нарушений в целях обеспечения надежности энергоснабжения.

Повышение надежности достигается путем автоматизации процессов и получения возможности дистанционного управления элементами сети. В результате минимизируется продолжительность и частота отключений за счет превентивного мониторинга параметров функционирования энергосистемы. При этом надо отметить, что из-за серьезных различий в организации энергетической отрасли в России и за рубежом прямое копирование SmartGrid в российских условиях категорически недопустимо. Отечественные энергетические компании находятся на иной стадии развития, нежели их западные аналоги. Кроме того, за рубежом активное внедрение интеллектуальных технологий «подталкивается» расширением сегмента так называемой «малой» энергетики, которая требует совершенно иного подхода к управлению сетями. В российской действительности последняя тенденция пока не проявила себя в должной мере. Именно поэтому необходимо не слепо переносить западный опыт на российскую почву, а принимать во внимание цели и приоритеты собственного развития, выбирая технологии, способные повысить энергоэффективность в существующих обстоятельствах. [5]

3. Энергоэффективные технологии (теплоизоляционные материалы, энергосберегающие лампы, солнечные батареи и т.д.)

Данные этапы могут быть реализованы по одному из сценариев развития концепции интеллектуальных энергосистем в регионе:

- Сценарий мониторинга
- Развитие существующих и создание новых компетенций
- Выработка своего понимания интеллектуальной энергетики.

Технические средства ИЭС. Технические средства SmartGrid играют решающую роль в реализации этой технологии на практике, их можно разделить на следующие группы:

1. Измерительные приборы и устройства — в первую очередь smart-счетчики и smart-датчики;
2. Усовершенствованные системы управления, содержащие распределенные интеллектуальные устройства и аналитические инструменты для поддержки коммуникаций на уровне объектов энергосистемы, работающие в режиме реального времени; операционные приложения нового поколения (SCAD/EMS/NMS-системы), позволяющие использовать новые алгоритмы и методики управления сетью, в том числе ее активными элементами — прежде всего FACTS;
3. Усовершенствованные технологии и компоненты электрической сети, в частности гибкие системы передачи переменного тока FACTS, сверхпроводящие кабели, элементы полупроводниковой и силовой электроники и пр.;
4. Интегрированные интерфейсы и системы поддержки принятия решений, такие как система SCADA, система управления спросом, распределенная система мониторинга и контроля (DMCS), распределенная система текущего контроля процессов генерации (DGMS), автоматическая система измерения протекающих процессов (AMOS) и т. д.; новые ИТ-решения по проектированию и планированию работы элементов энергосистемы;
5. Интегрированные коммуникации, обеспечивающие взаимосвязь первых четырех технологических групп и гарантирующие инновационный уровень функционирования сети; в этом ряду: автоматизированные подстанции на базе современных интегрированных программно-аппаратных комплексов АСУ ТП; интегрированные системы измерений и учета потребления электроэнергии; телекоммуникационные системы на базе разнообразных линий связи – спутниковых, ВОЛС, ВЧ-связи по линиям электропередачи (BPL); системы мониторинга переходных режимов WAMS (WideAreaMeasurementSystem); распределенные системы защиты и противоаварийной автоматике WAPS (WideAreaProtectionSystem) [2].

Изменения, которые последуют в результате внедрения ИЭС в энергетику региона. В целом внедрение интеллектуальных энергетических систем оказывается весьма эффективным вследствие целого ряда новых условий:

1. Возможности обеспечения баланса спроса на электроэнергию и ее предложения в оперативном, текущем и перспективном управлении энергосистемами.
2. Поддержания высокого качества электрической энергии.
3. Высокой адаптации элементов энергосистемы к изменению параметров внешней и внутренней среды.
4. Возможности поддержания оптимального режима нагрузки энергосистемы, использующей возобновляемые и невозобновляемые источники энергии, а также централизованные и децентрализованные источники электроснабжения.
5. Обеспечения экологической безопасности территорий в зоне действия интеллектуальных систем.
6. Эффективного использования производственных активов энергетических компаний, стоимость которых постоянно увеличивается быстрыми темпами.
7. Мотивации и стимулирования активного поведения субъектов энергетического рынка посредством выгодных ценовых предложений на поставку электроэнергии и мощности в специфических условиях работы энергетических компаний. [1]

Сдерживающие факторы. К сдерживающим факторам внедрения ИЭС в Псковскую область можно отнести:

1. Степень развития информационных технологий, силовой электроники, альтернативных источников электроэнергии
2. Технологический разрыв между состоянием отечественной и зарубежной энергосистем.
3. Отсутствие необходимой нормативной поддержки со стороны государства;
4. Перекос в сторону коммерческой энергетики;

5. Консервативность энергетического рынка (smart-системы пока еще не стали необходимостью для российского потребителя);
6. Высокая стоимость оборудования, а также обслуживания и модернизации интеллектуальных систем;
7. Дефицит квалифицированных кадров [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Огороков В.Р., Волкова И.О., Огороков Р.В. Интеллектуальные энергетические системы: технические возможности и эффективность / Академия энергетики. – №2, 2010 .
2. Кобец Борис, Волкова Ирина. SmartGrid / ЭнергоРынок. – №3, 2010.
3. Зибров В.П. Система электроснабжения Псковской области // Отчет учебно-научно-производственного центра энергосбережения Псковского государственного политехнического института. – Псков: Издательство ППИ, 2009.
4. Пресс-служба МРСК Северо-Запада Потребление энергии в Псковской области в 2009 // Нефть России: Новости ТЭК. – Режим доступа : www.oilru.com.
5. Цымбал Сергей, Коптелов Андрей. Интеллектуальные технологии в электроэнергетике / ЭнергоРынок, №4, 2010.

В.Ю. ГУБАРЕВ

«ПРЫЖОК» ПРИ РЕШЕНИИ NP-ПОЛНОЙ ЗАДАЧИ

В работе рассматриваются различные подходы по оптимизации поиска решений NP-полных задач, в частности, нахождение маршрута шахматного коня, проходящего через все поля доски по одному разу. Проведён анализ задачи подсчёта количества различных маршрутов шахматного коня, проходящего через все поля доски по одному разу, показаны некоторые вычислительные сложности и предложен метод их снижения, данный метод назван «прыжком».

В теории алгоритмов NP-полные (NPC) задачи с вычислительной точки зрения являются самыми сложными из класса NP. Для их решения не найдено ни одного алгоритма, вычислительная сложность которого росла бы пропорционально росту полиномиальной функции от объёма входных данных (или их размерности).

Кроме того, если бы нашёлся хотя бы один такой алгоритм, то с помощью его можно было бы решить все задачи, относящиеся к классу NP, так как работы С. А. Кука¹ и, позже, Р. М. Карпа² показали, что любую задачу класса NP можно за «полиномиальное время» свести к любой NP-полной задаче.

В связи с вышеизложенными фактами для простоты восприятия информации была выбрана NP-полная задача, которой занимался сам Леонард Эйлер³, нахождение маршрута шахматного коня, проходящего через все поля доски по одному разу.

¹ Стивен Артур Кук (англ. StephenArthurCook, 14 декабря 1939 года, Буффало, США) – американский учёный в области теории вычислительных систем. Знаменит своей работой над теорией сложности вычислений, лауреат премии Тьюринга. В своей работе «TheComplexityofTheoremProvingProcedures» Кук доказал, что задача выполнимости булевых формул является NP-полной. Тем самым он поднял вопрос о равенстве классов сложности P и NP, один из сложнейших вопросов теории вычислительных систем, на который до сих пор нет ответа.

² Ричард Мэннинг Карп (англ. RichardManningKarp, 3 января 1935 года, Бостон, США) – американский учёный в области теории вычислительных систем, в 1985 году получил Премия Тьюринга «за его продолжительный вклад в теорию алгоритмов, в том числе за разработку эффективных алгоритмов для потоков на сетях и других комбинаторных оптимизационных задач, сопоставление вычислений полиномиальной сложности с интуитивным понятием эффективности, и, самое главное, за вклад в теорию NP-полноты».

³ Леона́рдЭйлер (нем. LeonhardEuler; 4 (15) апреля 1707, Базель, Швейцария – 7 (18) сентября 1783, Санкт-Петербург, Российская империя) – российский, немецкий и швейцарский математик, внёсший значительный вклад в развитие математики, а также механики, физики, астрономии и ряда прикладных наук. Леонард Эйлер посвятил задаче «О нахождении маршрута шахматного коня, проходящего через все поля доски по одному разу» большую работу «Решение одного любопытного вопроса, который, кажется, не подчиняется никакому исследованию» (датируется 26 апреля 1757 года). В письме к Гольдбаху он сообщал: