

С.А. Лукьянченко

ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет» (Донецк)

ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ В SMART GRID СИСТЕМАХ

Приведены основные преимущества построения и внедрения «умных» сетей и их функции. Рассмотрены основные проблемы управления системами с нетрадиционными источниками энергии.

Ключевые слова: концепция Smart Grid, «умная» сеть, системы управления, возобновляемые источники энергии.

Постановка проблемы

В настоящее время переход от классических электросетей к цифровым вызван рядом факторов. Важным вопросом является глобальное изменение климата. Кроме того, рост стоимости топлива и эффективность использования возобновляемых энергетических ресурсов способствуют развитию интеллектуальных сетей. Во всем мире для снятия данных сети широко используют цифровые, компьютерные и коммуникационные технологии и с каждым годом все больше их модернизируют для более экономного потребления энергии. Однако в сетях будущего статические потребители нежелательны, они должны быть активными, и, следовательно, подача энергии должна динамически переключаться между пользователями и локальными возобновляемыми источниками энергии.

Анализ последних публикаций и исследований

Реализация принципов Smart Grid с каждым годом затрагивает все больше стран – возникает острая необходимость решения проблем связанных с потерями в линиях электропередач, авариями электросетей, устареванием систем управления энергосетями. Все это привело к тому, что ученые начали вести активные разработки в области интеллектуальной электроэнергетики. Изучением данной области занимаются такие ученые, как Гопель О.С., Косьянов В.А., Виссарионов В.И., Николаев В.Г., Воропай Н.И., Стычинский З.А., Клейн С. и др. Проекты по развитию «умных сетей» появились в некоторых странах Европы, Китае, США, России.

Цель (задачи) исследования

Целью данной работы является обзор основных преимуществ «умных» сетей перед классическими системами электропередач, а также недостатков подобных систем в области управления.

Основной материал исследования

В своей современной форме интеллектуальная сеть включает в себя техническую базу, систему управления и протоколы передачи от электрических источников энергии до потребителей. Интеллектуальная сеть также должна предоставлять информацию об энергии в режиме реального времени, чтобы экономически выгодно регулировать потребление. Концепция построения «умной» сети показана на рис. 1 [1].

В целом можно сказать, что основной целью «умных» сетей является обеспечение преимуществ в шести ключевых областях.

Шесть основных преимуществ Smart Grid:

- надежность, благодаря которой возможно снизить стоимость перебоев и нарушений качества электроэнергии, помимо снижения вероятности возникновения и последствий распространенных отключений;

- экономия – снижение цен на электроэнергию по сравнению с классическими сетями, а также создание новых рабочих мест;

- эффективность – с интеграцией возобновляемых и альтернативных источников энергии становится возможным снизить стоимость производства, доставки и потребления электроэнергии;

- экологичность – глобальное изменение климата поощряет использование возобновляемых источников энергии в качестве энергетических ресурсов. Это позволит уменьшить выбросы по сравнению с энергетическими сетями общего пользования и повысить эффективность производства, доставки и потребления энергии;

- защита, которая достигается за счет снижения вероятности и последствий техногенных аварий и стихийных бедствий;

- безопасность за счет снижения рисков, присущих возбужденной электрической системе, а также снижения времени воздействия этих опасностей.

Концепция «умной» энергосистемы имеет

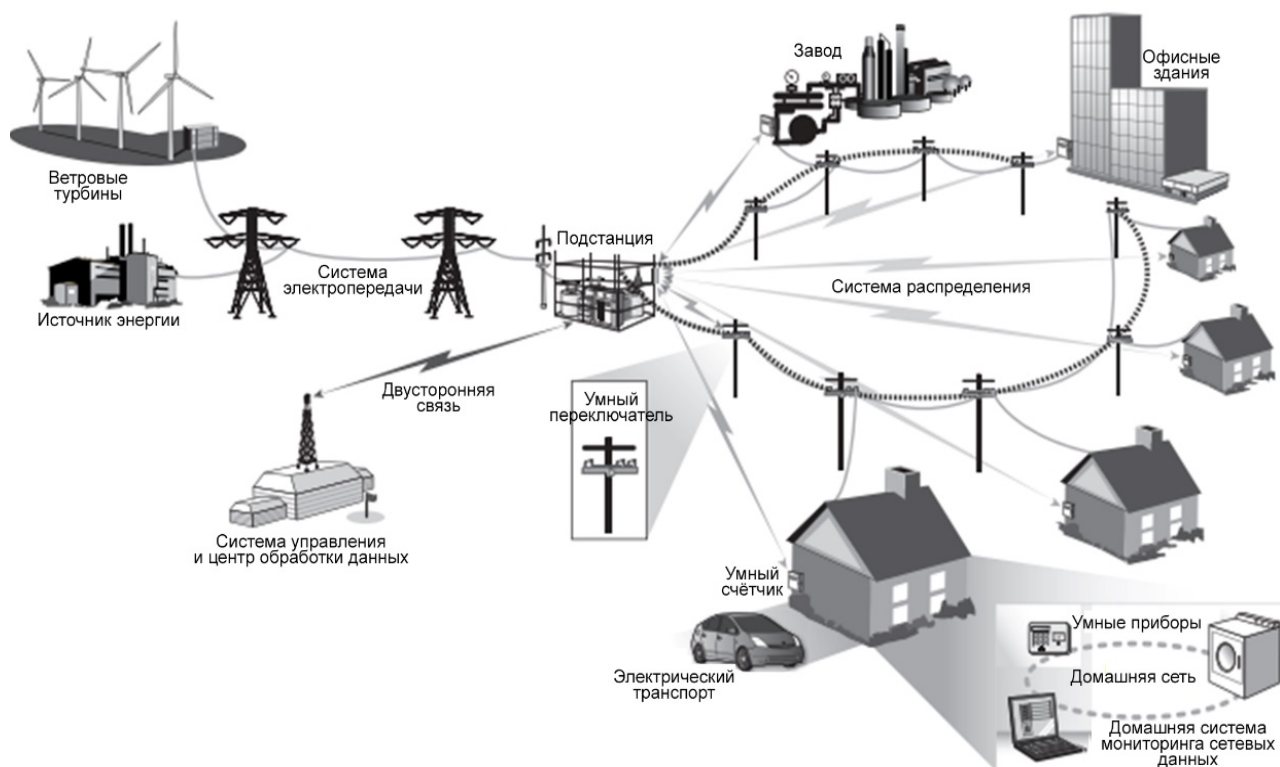


Рис. 1. Концепция «умной» сети

следующие цели:

- предоставление потребителям возможностей автоматизированного управления использованием электроэнергии и минимизации их затрат на оплату электроэнергии;
- самовосстановление системы в случае аварии;
- использование высококачественных энергетических ресурсов, включая возобновляемые;
- повышение качества электроэнергии и надежности электроснабжения. [3].

Интеллектуальная сеть должна иметь высокую эффективность, а для этого сочетать в себе несколько технологий, включая средства коммуникаций, силовой электроники и системы управления. Характеристики «умной» сети, подверженные внешним воздействиям, в совокупности с технологиями, необходимыми для построения интеллектуальных сетей, дают повод для проведения исследований в области связи, силовой электроники и систем управления, и могут рассматриваться для будущей исследовательской работы. В качестве примера, в последнее время большой интерес вызывает потенциал использования возобновляемых источников энергии в интеллектуальной сети в совокупности с высокоэффективными конвертерами и системами управления для повышения надежности и снижения выбросов углекислого газа с минимальными затратами.

Важным элементом в развитии интеллекту-

альных сетей является силовая электроника [4]. Энергия, которая вырабатывается такими источниками, как солнце, ветер, биомасса и водород, должна быть преобразована для подачи в сеть в такой вид, который удовлетворяет нормам и стандартам сети. Таким образом, возрастает необходимость в конвертерах энергии как в согласующих устройствах между возобновляемыми источниками энергии, накопителями энергии, бытовыми сетями и потребителями для регулирования мощности, энергосбережения и надежности системы. На рис. 2 показаны функции силовой электроники, применяемой в «умных» сетях.

Возобновляемые энергетические системы предлагают экономические и экологические преимущества в производстве энергии по сравнению с обычными системами на твердом топливе. Кроме того, использование возобновляемых источников энергии подразумевает наличие чистых и надежных источников энергии, которые могут быть использованы в сельской местности или других местах, расположенных далеко от электростанций. Основным результатом в преобразовании энергии в электричество зависит от устройств силовой электроники и в значительной степени от конвертеров, потому что в основном нагрузка в сети является переменной. В настоящее время исследования проводятся именно для улучшения работы инверторов. Чтобы обеспечить преобразование энергии для сол-

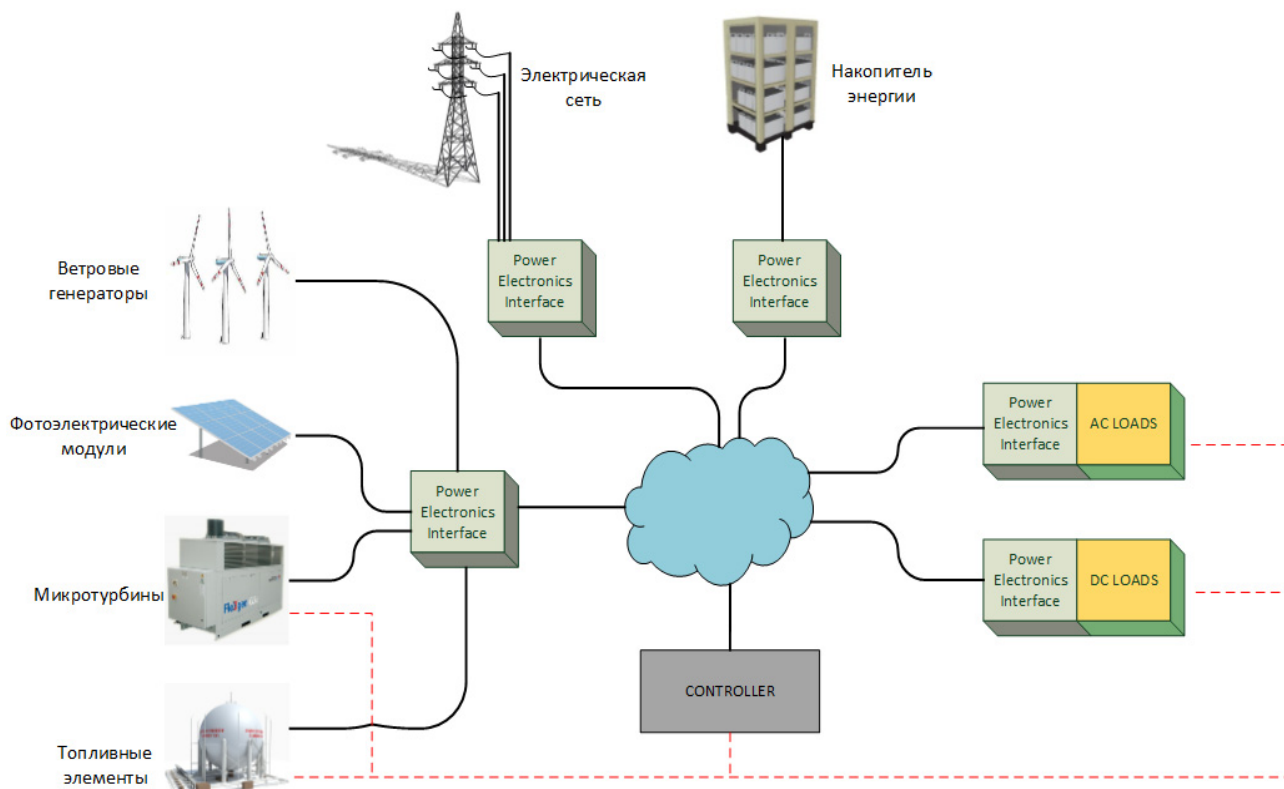


Рис. 2. Функции силовой электроники в Smart Grid

нечных установок, нужны инверторы различных топологий. Более того, инвертор как устройство требует настройки контроллера для управления переключениями с большей эффективностью. В целом, и инвертор и контроллер должны работать таким образом, чтобы выполнить требования по спросу и предложению [5].

При построении солнечных и ветровых систем особое внимание уделяется построению алгоритма отслеживания точки максимальной мощности. Например, ветровая турбина должна работать только в заданном диапазоне скоростей ветра, ограниченных скоростями включения (V_{cut-in}) и выключения ($V_{cut-out}$). При выходе за эти пределы турбина должна быть остановлена, чтобы не повредить и генератор, и турбину. Для работы при динамическом изменении скорости ветра ветроэнергетическая система нуждается в преобразовании изменяющейся нагрузки в постоянное напряжение, которое соответствует требованиям сети. Таким образом, большого внимания требует область умеренной скорости ветра, для которой необходимо разрабатывать алгоритм отслеживания точки максимальной мощности.

Поскольку генерирование энергии, основанное на солнечной и ветровой энергии, зависит от погодных условий, то вполне естественно, что они нуждаются в накопителе энергии, который используется в качестве резерва для поддержания требуемой мощности в сети. Кроме того, в

период избытка энергию выгодно накапливать и направлять ее в сеть при низком уровне выработки энергии и высокой потребности. Эффективным и компактным способом хранения энергии является ее преобразование в топливо для накопления излишков энергии. Для достижения максимальной эффективности и контроля, как производства, так и потребления накопленной энергии необходимо использовать электронные преобразователи с возможностью двунаправленного обмена энергией. В качестве топливного элемента возможно использование водорода. Использование двунаправленного инвертора позволяет достигать максимально возможного коэффициента полезного действия и контролировать производство и потребление водорода. Также инвертор позволяет забирать активную энергию из сети, когда та производится в избытке, снабжая электролизер постоянного тока для получения водорода. В других работах по созданию накопителей энергии с помощью инверторов стремятся объединить ветровые, фотоэлектрические и топливные установки, чтобы максимизировать выходную энергию и уменьшить колебания выходной мощности для автономных станций. Затем предлагаемая гибридная система подключается к сети с помощью ШИМ-инвертора в качестве системы распределенной генерации, чтобы снять нагрузку на сеть и выступать в качестве непрерывного источника питания, когда сеть из нетрадиционных источни-

ков энергии отключена. Над гибридной системой выполняется управление для достижения точки максимальной мощности ветровой и фотоэлектрической систем, а также для обеспечения качества мощности электроэнергии, поданной в сеть от инвертора [6].

Инвертор является мощным электронным устройством, которое выполняет преобразование, поэтому ему необходим мощный регулятор. Многие типы контроллеров, от ПИ и ПИД до некоторых видов цифрового управления, можно изучить в актуальной литературе. Критическим параметром регуляторов инверторов является производительность, которая определяется по следующим критериям:

- выходное напряжение сигнала с низким уровнем гармонических искажений для линейных и нелинейных нагрузок;

- быстрый отклик на изменение нагрузки;

- незначительная статическая ошибка.

Возможно использование нечеткого управления с переменной структурой, приложенной к ШИМ-инвертору. Переменная структура управления представляет собой надежный метод управления для обработки нелинейных систем, в которых происходит изменение параметров и внешних помех. Для отслеживания точки максимальной мощности возможно применение нейронных сетей, которые применяются в моделировании и управлении системами возобновляемых источников энергии [2].

Выводы

В системах Smart Grid существует множество проблем, основными из которых являются проблемы информационной безопасности, проблемы внедрения и проблемы автоматического управления. Задачей систем автоматизации в системах Smart Grid является поддержание устойчивости системы при взаимосвязи различных возобновляемых источников энергии, а также управление данными источниками таким образом, чтобы удовлетворить запросы потребителей. Привлечение бытовых потребителей позволит управлять спросом, чтобы снизить пиковую нагрузку, тем самым снижая требуемую мощность и стоимость, а также повысить эффективность.

Следует отметить, что мощность, генерируемая ветроэлектростанциями (ВЭС), солнечными электростанциями (СЭС), когенерационными электростанциями (КГЭС) и другими альтернативными источниками энергии, не является постоянной величиной и зависит от природных условий – наличия ветра, активности солнечного излучения и т.д. В этом случае такая нестабиль-

ность генерации возобновляемыми источниками энергии вносит свои отрицательные коррективы в устойчивую работу энергосистемы. Классический принцип организации управления электроэнергетическими системами не подходит для электроэнергетических систем с большой долей возобновляемых источников энергии. Система Smart Grid подразумевает использование в процессе организации и управления новейших технологий и алгоритмов, таких как виртуальные электростанции (ВрЭС), FACTS-системы, фазоры, или PMU (Phasor Measurement Unit), вставки постоянного тока (HDVC), различного типа накопители энергии (в том числе и электромобили) и т.д. Построение систем связи, телекоммуникаций, систем управления и РЗА базируется на основе использования протокола МЭК (IEC) 61850. В качестве базовых источников электроэнергии (базовые электростанции) предусматриваются классические конденсационные тепловые электростанции (ТЭС) и теплоэлектроцентрали (ТЭЦ) [4].

Подводя итог, выделим такие проблемы:

- работа возобновляемых источников энергии (ветер и солнце) обусловлена скорее погодными и климатическими условиями, нежели потребностями пользователей, что делает управление и распределение электроэнергии еще более сложным. Как следствие, затрагивается стабильность сетей в части напряжения и частоты;

- проблемы возникают и у тепловых электростанций, которые должны работать с максимально полной нагрузкой. Тем не менее, учитывая изменения спроса и выработки электроэнергии от солнца и ветра, станции должны регулировать производство энергии довольно часто. Это приводит к потерям производительности и износу оборудования.

Список литературы

1. Шилин, А.Н. Интеллектуальные электрические сети: проблемы и решения / А.Н. Шилин, А.А. Шилин // Известия ВолгГТУ: межвуз. сб. науч. ст. – Вып.3. – Волгоград: ВолгГТУ, 2011. – С. 84-88. (сер.: Процессы преобразования энергии и энергетические установки).
2. Isa, N.B.M. Smart Grid Technology: Communications, Power Electronics and Control System / N.B.M. Isa, T.C. Wei, A.H.M. Yatim // International Conference on Sustainable Energy Engineering and Application (ICSEEA), 5-7 October 2015, Bandung, Indonesia: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2016. – P.10-14.
3. Стычинский, З.А. Возобновляемые источники энергии: Теоретические основы, техноло-

- гии, технические характеристики, экономика // З.А. Стычинский, Н.И. Воропай. – Магдебург: Otto-von-Guericke-Universitaat Magdeburg Docupoint GmbH, 2010. – 209 с.
4. Ткаченко, С.Н. Энергосистема будущего. Концепция Smart Grid. Специфика реализации на Украине / С.Н. Ткаченко // Электротехника та електроенергетика. – 2014. – №1. – С. 68-73.
 5. Linnenberg, T. Analysis of potential instabilities in agent-based Smart Grid control systems / T. Linnenberg, I. Wior, A. Fay // 39th IEEE An. Conf. of Industrial Electronics Society (IECON), 10-13 November 2013, Vienna, Austria: Helmut Schmidt Universitat, 2013. – P. 7422-7428.
 6. Анисимов, С.А. Исследование и разработка архитектур перспективных вычислительных гридов и интеллектуальных энергосетей: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.13.01 / Сергей Анатольевич Анисимов. – Нижний Новгород, 2013. – 22 с.

S.A. Lukyanchenko

Donetsk National Technical University (Donetsk)

MANAGEMENT PROBLEMS IN SMART GRID SYSTEMS

Background. *The use of Smart Grid technology in power engineering allows significantly reducing and optimizing the cost of energy consumption. As it is known, the basic principle of the central power supply network has not changed for decades. It is significantly outdated and does not allow efficient use of electricity. The introduction of new technologies will bring the power industry to a new level. It will be possible to control energy consumption, store and rationally use of energy in industry and in household conditions.*

Materials and/or methods. *Smart Grid technology is still relatively new and has a number of disadvantages. The most topical are issues of automatic control in such systems with the use of alternative energy sources. The alternative energy sources have such positive aspects as inexhaustibility and ecological cleanliness. But because of them, there are major problems in obtaining electric power. This area is actively developing, so the solution to these problems is urgent.*

Results. *The main management problems in Smart Grid systems arise from the dynamic changes of external influences. For non-conventional energy sources, they are the constantly changing weather and climatic conditions which affect the stability of networks with regard to voltage and frequency. Such power surges can damage the equipment. The attention should also be paid to the intensity of power consumption. At different times of the day, the intensity also changes and there is a need to account for consumption depending on time.*

Conclusion. *To eliminate the management problems it is necessary to explore and modernize the automatic control system. Developments of foreign colleagues in this field are of high level, so a review of the foreign literature on this issue will help simplify this task. Especially actively developments are carried out in Europe, China, and India.*

Keywords: *Smart Grid, control systems, renewable energy sources.*

Сведения об авторе

С.А. Лукьянченко

Телефон: +380 (99) 767-59-65

Эл. почта: sergey_luk92@mail.ru

Статья поступила 01.07.2016 г.

© С.А. Лукьянченко, 2017

Рецензент д.т.н., доц. И.А. Бершадский