

Возобновляемая энергетика в распределённых энергосистемах

Рецензия эксперта на статью получена 30.07.2018 [Expert review on the article was received on July 30, 2018].

Проблема так называемых «малых умных сетей» (Microgrid) весьма актуальна. Она включена в наиболее продвинутую программу EnergyNet, которая разрабатывается в стране.

В последнее время активно обсуждаются вопросы развития «умной» энергетики, «умных» городов и территорий, «умных» домов и т.д. При этом под «умной» энергетикой часто понимается такая система электроснабжения потребителей энергии, в которой мониторинг, управление и организация расчётов за потреблённую энергию осуществляется в цифровом формате на основе информационных технологий с обменом информацией между уровнями управления через облако данных. Очень ясно такая позиция была выражена на прошедшем 31 марта 2017 года Smart Energy Summit.

Важная для развития «умной» энергетики проблема законодательства была затронута, но достаточно вскользь, хотя от её решения во многом зависит существование этой самой энергетики.

Но самое удивительное, что состав основного генерирующего, передающего и накопительного оборудования, режим работы энергетического и электрического оборудования, безопасность и надёжность энергоснабжения, как можно сделать вывод из основных выступлений участников саммита, к построению «умной» сети не имеет отношения. Хотя совершенно ясно, что средства управления ничего не могут сделать без объекта управления, которым и является комплекс технических средств генерации, передачи, распределения, накопления и потребления энергии, в том числе электрической.

Именно на этом положении хотелось бы остановиться в этом докладе.

Не является открытием, что электрические станции на основе таких возобновляемых источниках энергии (ВИЭ), как ветер, солнечная радиация, энергия водотоков и водоёмов, не имеют гарантированной мощности, то есть мощности,

которая с гарантией 95 % и выше может быть доставлена электропотребителю [1,2]. Это связано с изменчивостью потоков первичной энергии — ветра, воды и солнечного излучения. Вследствие этого электростанции на основе ВИЭ не участвуют в балансе мощности электроэнергетической системы (ЭЭС), на потребителях которой они работают, а могут участвовать только в балансировании энергии ЭЭС за рассматриваемый промежуток времени (период регулирования).

Под «умной» энергетикой часто понимается такая система электроснабжения потребителей энергии, в которой мониторинг, управление и организация расчётов за потреблённую энергию осуществляется в цифровом формате на основе информационных технологий с обменом информацией между уровнями управления через облако данных. Очевидно, что в любой системе средства управления ничего не могут сделать без объекта управления, которым и является комплекс технических средств генерации, передачи, распределения, накопления и потребления энергии

Известно, что гидроэлектростанции («традиционные» ГЭС) имеют гарантированную мощность и участвуют в балансе мощности ЭЭС, вытесняя своей мощностью альтернативную мощность электростанций, работающих на иных, в том числе углеводородных, видах топлива. Гарантия мощности крупных гидроэлектростанций обеспечивается наличием у них водохранилищ (накопителей энергии в виде первичного ресурса), регулирующих сток рек и перераспределяющих при их помощи поток первичной энергии во времени.

УДК 621.311.24

Возобновляемая энергетика в распределённых энергосистемах

М. Г. Тягунов, д.т.н., профессор; А. Н. Видулов, аспирант, Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт»

Обсуждаются вопросы управления энергоустановками на основе возобновляемых источников энергии в энергетических системах с управляемыми потребителями и накопителями энергии. Показана структура виртуального энергетического комплекса, как энергетического узла «умной сети», определены функции элементов и условия их соединения с другими узлами объединённой электроэнергетической системы.

Ключевые слова: малые умные сети (микросети), гибридные энергетические комплексы на основе возобновляемых источников энергии, гарантированное электроснабжение, гарантированная мощность, оптимизация параметров энергоустановок.

UDC 621.311.24

Renewable power generation in the distributed energy systems

M. V. Tyagunov, Doctor of Engineering Sciences, Professor; A. N. Vikulov, postgraduate student, National Research University "Moscow Power Engineering Institute"

The questions of power plants based on renewable energy sources management in power systems with controllable consumers and energy storage are discussed. Shows the structure of a virtual energy complex as an energy hub smart grids and define the functions of elements and their connections with other nodes of the United power system.

Keywords: small smart grid (Microgrid), hybrid power complexes based on renewable energy sources, guaranteed power supply, guaranteed power, optimization of parameters of power plants.

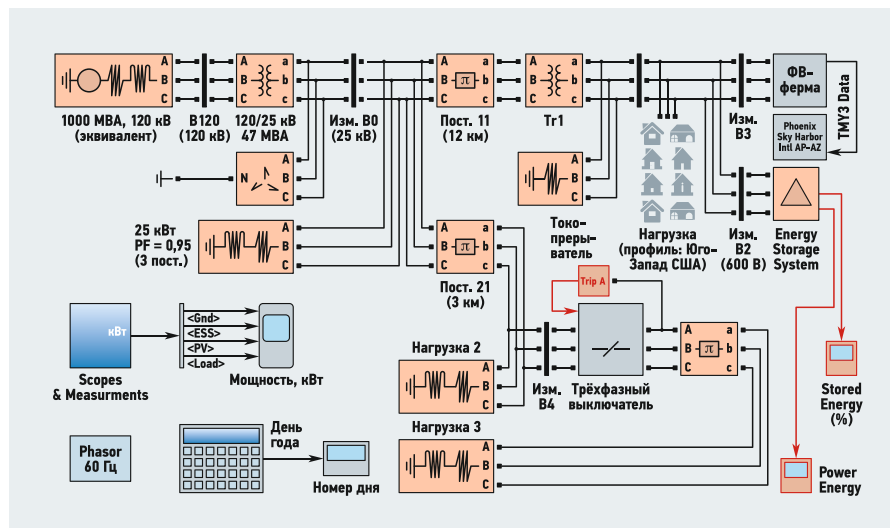


Рис. 1. Прототип системы оптимизации состава и параметров генерирующих устройств локальной энергосистемы с использованием возобновляемых источников энергии

Таким образом, для создания у электрических станций на основе возобновляемых источников энергии гарантированной мощности, то есть мощности, которая будет поставлена электропотребителю с надёжностью 95 % и выше, существует только один способ, а именно — включение электростанций на основе ВИЭ в гибридные энергетические комплексы (ГЭК) следующего вида:

- ГЭК с генерацией на основе двух и более видов первичной энергии с асинхронным поступлением энергоресурса (компенсирующее регулирование мощности);
- ГЭК с генерацией на основе ВИЭ и одного или нескольких видов энергоустановок, работающих на углеводородном или ином виде топлива, причём генерация на основе ВИЭ будет рассматриваться в качестве дублирующей по мощности;
- ГЭК с генерацией на основе ВИЭ и подключением к гарантирующему источнику электроснабжения в виде электрической сети ЭЭС;
- ГЭК с генерацией на основе ВИЭ и накопителя энергии (в любом виде, из которой может быть произведена требуемая потребителю энергия — электрическая, тепловая, механическая и др.);
- ГЭК с генерацией на основе ВИЭ и управляемого потребителя.

Все перечисленные варианты гибридных энергокомплексов предполагают самобалансирование мощности в рассматриваемом энергоузле (ГЭК), то есть представляют собой первичную ячейку распределённой (по энергоузлам) ЭЭС с распределённой генерацией, распределённым накоплением и распределённым регулируемым потреблением энергии [3, 4] вида, потребляемого экономической и социальной системами (промыш-

ленностью, сельским хозяйством, транспортными системами, коммунально-бытовым сектором и т.д.).

Управление ГЭК как «умной» микросетью будет предполагать высокую степень автоматизации всех процессов управления: сбора данных, накопления, обработки, в том числе интеграции, мониторинга, контроля и выработки управляющих воздействий на исполнительные органы ГЭС (генераторы, накопители, средства передачи и распределения энергии, управляемые потребители энергии, средства автоматизированного привода и защиты).

Проектирование «умной» микросети будет состоять в определении структуры и параметров ГЭК [5] во всех его составляющих: генераторах различного типа, работающих на различных источниках первичной энергии, системе передачи и распределения энергии, управлении потреблением энергии у конечного потребителя, распределённых по элементам структуры ГЭК средств накопления энергии и средств управления ими. На рис. 1 показана принципиальная схема модели виртуального гибридного энергокомплекса, состав и структура которого оптимизируется в рамках разрабатываемого программного комплекса проектирования энергоузлов с возобновляемыми источниками энергии.

Создание гарантированной мощности ГЭК с установками на основе ВИЭ позволит повысить коэффициент использования установленной мощности (КИУМ) всех работающих в ГЭК энергоустановок, экономить топливо на гарантирующих энергоустановках, работающих на углеводородном топливе, создать в проектируемой микросети возможность «вытеснения» мощности гарантирующих энер-

гоустановок, то есть снижения их установленной мощности, повысить управляемость и энергетическую безопасность микросети, увеличить степень использования местных энергетических ресурсов в энергетическом балансе ЭЭС.

Выбор структуры и параметров энергетических установок ГЭК делается на основе виртуальной модели ГЭК, включающей в себя полный набор генерирующих, накапливающих, передающих, регулирующих, потребляющих и управляющих элементов. Построенный таким образом виртуальный ГЭК является в известной степени аналогом виртуальной электростанции. Таким образом, построение «умной» микросети или ГЭК состоит в выборе оптимального состава генерирующих установок, накопителей энергии, средств передачи и распределения энергии (электрической и тепловой), управляемых потребителей энергии, преобразователей и средств управления, которые необходимы для функционирования самобалансирующегося энергоузла ЭЭС, из всевозможных сочетаний функциональных элементов, образующих микросеть.

В заключение хотелось бы отметить ещё одно обстоятельство: прогнозы развития возобновляемой энергетики, которые делают без учёта технологии различные организации, преимущественно экономического профиля, например, прогноз развития энергетики на основании изучения инвестиционных трендов, не отражают реальную ситуацию в этой отрасли энергетики, что подтверждается, в частности, данными [6], и нуждаются в серьёзной проверке при попытке использовать эти прогнозы для управления развитием отечественной энергетики. ●

1. Афонин В.С., Васильев А.Г., Дерюгина Г.В., Тягунов М.Г., Шестопалова Т.А. Системные свойства гибридных энергокомплексов на основе возобновляемых источников энергии // Энергобезопасность и энергосбережение, 2012. №2. С. 20–27.
2. Тягунов М.Г. Развитие энергетики возобновляемых источников на основе типовых гибридных комплексов в распределённых энергосистемах // Инноватика и экспертиза. Научные труды НИИ РИНКЦЭ. — М.: ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, 2012. Вып. 2(9). С. 91–97.
3. Васильев А.Г., Тягунов М.Г. Распределённые системы энергоснабжения на основе гибридных энергокомплексов с установками возобновляемой энергетики // Новое в российской электроэнергетике, 2013. №4. С. 6–11.
4. Коваленко Е.В., Тягунов М.Г. Гибридные энергетические комплексы с когенерацией в изолированных энергетических системах // Альтернативная энергетика и экология, 2015. №10–11 (174–175). С. 167–177.
5. Васильев А.Г., Тягунов М.Г. Оптимизация структуры гибридных энергетических комплексов с потребителями различного типа // Энергетик, 2013. №6. С. 97–100.
6. Феномен «зелёной» энергетики: инвестиции в возобновляемые источники энергии падают — мощность растут [Электр. текст] // Региональная энергетика и энергосбережение. 07.04.2017. Режим доступа: energy.s-kon.ru. Дата обращения: 06.07.2018. References — see page 92.

Renewable power generation in the distributed energy systems. Pp. 76–77.

M. V. Tyagunov, Doctor of Engineering Sciences, Professor; **A. N. Vikulov**, postgraduate student, National Research University "Moscow Power Engineering Institute"

1. Afonin V.S., Vas'kov A.G., Derjugina G.V., Tjagunov M.G., Shestopalova T.A. *Sistemnye svoystva gibridnykh jenergokompleksov na osnove vozobnovljaemykh istochnikov jenergii* [System properties of hybrid energy complexes based on renewable energy sources]. *Jenergobezopasnost' i jenergoberezhenie* [Energy security and energy saving]. 2012. No. 2. Pp. 20–27.
2. Tjagunov M.G. *Razvitie jenergetiki vozobnovljaemykh istochnikov na osnove tipovykh gibridnykh kompleksov v raspredelennykh jenergosistemah* [Development of renewable energy sources on the basis of typical hybrid complexes in distributed power systems]. *Innovatika i jekspertiza*. Nauchnye trudy NII RINKCJe [Innovation and expertise. Papers of SRI FRCEC]. Moscow. FGBNU NII RINKCJe [Scientific Research Institute — Federal Research Centre for Projects Evaluation and Consulting Services]. 2012. Issue 2(9). Pp. 91–97.
3. Vas'kov A.G., Tjagunov M.G. *Raspredelennye sistemy jenergosnabzhenija na osnove gibridnykh jenergokompleksov s ustanovkami vozobnovljaemoj jenergetiki* [Distributed energy supply systems based on hybrid energy complexes with renewable energy installations]. *Novoe v rossijskoj jelektrojenergetike* [New developments in the Russian electric power industry]. 2013. No. 4. Pp. 6–11.
4. Kovalenko E.V., Tjagunov M.G. *Gibridnye jenergeticheskie komplekсы s kogeneraciej v izolirovannykh jenergeticheskikh sistemah* [Hybrid energy complexes with cogeneration in isolated energy systems]. *Al'ternativnaja jenergetika i jekologija* [Alternative energy and ecology]. 2015. No. 10–11 (174–175). Pp. 167–177.
5. Vas'kov A.G., Tjagunov M.G. *Optimizacija struktury gibridnykh jenergeticheskikh kompleksov s potrebiteljami razlichnogo tipa* [Optimization of the structure of hybrid energy complexes with consumers of various type]. *Jenergetik* [Power Engineer]. 2013. No. 6. Pp. 97–100.
6. Fenomen "zelenoj" jenergetiki: investicii v vozobnovljaemye istochniki jenergii padajut — moshhnosti rastut [The phenomenon of "green" energy: investments in renewable energy are falling — capacity is increasing]. *Regional'naja jenergetika i jenergoberezhenie* [Regional energy and energy saving]. April 07, 2017. Web-source: energy.s-kon.ru. Access data: July 06, 2018.