

Хрипач Николай Анатольевич

канд. техн. наук, заведующий кафедрой

Чиркин Василий Германович

инженер

Шустров Федор Андреевич

заместитель начальника НТЦ

Некрасов Александр Сергеевич

ведущий инженер

ФГБОУ ВО «Московский политехнический университет»

г. Москва

DOI 10.21661/r-472188

СЕТЕВЫЕ НАКОПИТЕЛИ ЭНЕРГИИ КАК ИНСТРУМЕНТ РАСШИРЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛА ЭНЕРГОСИСТЕМЫ

Аннотация: в данной статье описан потенциал по расширению функциональных возможностей систем регулирования генерируемой мощности в автономной системе энергоснабжения путем интеграции в состав энергосистемы сетевых накопителей энергии на базе аккумуляторных батарей. Обоснованы основные преимущества применения технологии хранения энергии в энергосистемах, а именно: расширение интеграции возобновляемых источников энергии, возможность регулирования частоты и напряжения сети, обеспечение энергетического арбитража, возможность отсрочки обновления существующей инфраструктуры.

Ключевые слова: сетевые накопители энергии, энергетическая система, регулирование генерируемой мощности.

Одной из важных задач, стоящих перед энергетическим комплексом Российской Федерации, является регулирование генерируемой мощности электростанций с целью обеспечения баланса между вырабатываемой и потребляемой электроэнергией. Для современной электроэнергетической системы характерны такие особенности, как мгновенная и непрерывная передача энергии от

электростанции к потребителям, отсутствие ресурсов для накопления энергии в соизмеримых с выработкой количествах, а также неравномерность потребления электроэнергии в течение суток.

Применяемые на данный момент технические решения по балансировке генерируемой мощности не позволяют полностью решить все проблемы, возникающие в ходе этого процесса, в связи с тем, что мощности объектов генерации, участвующих в регулировании ограничены. Отдельно следует отметить, что в режиме балансировки резко увеличивается скорость износа дорогостоящего оборудования. А учитывая тот факт, что пуск и останов генерирующего объекта может занимать от нескольких минут до нескольких часов, а в аварийных ситуациях для восстановления баланса вводятся ограничения нагрузки потребителей, вероятность возникновения негативных последствий для потребителей в виде, связанного с перерывом энергоснабжения, крайне высока.

Из многообразия используемых решений одним наиболее актуальным в настоящее время является применение в электроэнергетике сетевых накопителей энергии (СНЭ). В первую очередь, СНЭ позволяют повысить маневренность объектов генерации, то есть возможность изменять мощность генерации в соответствии с текущими объемами электропотребления. При этом, СНЭ может применяться как в качестве дополнительного оборудования для объектов генерации, повышая безопасность, эффективность эксплуатации, расширяя функционал и улучшая качество электроэнергии, так и в качестве самостоятельного системного регулятора для повышения надежности, экономичности и устойчивости энергетических систем.

Среди различных типов сетевых накопителей электроэнергии большой мощности и энергоемкости для поддержки электросети СНЭ на базе аккумуляторных батарей занимают особое место. Аккумуляторные накопители обладают рядом преимуществ по сравнению с другими типами накопителей, таких как гибкость в выборе места установки и на этапе строительства, а также быстрое время отклика на возмущение системы.

Сетевые накопители применяются в энергосистеме для реализации множества функций, среди которых можно выделить интеграцию возобновляемых источников энергии и сглаживание неравномерной генерации ВИЭ [1; 2], регулирование мощности и отслеживания нагрузки [3], сдвиг энергоснабжения во времени, покрытие пиковых нагрузок, выравнивание нагрузки, поддержание генераторного режима при провале напряжения сети, обеспечение надежности передачи и распределения энергии, осуществление послеаварийного запуска системы, регулирование напряжения, подавление колебаний сети, в качестве включенного резерва мощности, источника бесперебойного питания, а также возможность отсрочки обновления линий электропередачи и т. д. [4–6].

Регулирование частоты и напряжения

В процессе работы СНЭ может как поглощать активную мощность в случае, когда частота сети увеличивается свыше заданных пределов, так и отдавать накопленную энергию в сеть, когда частота сети падает ниже допустимого порога. Таким образом, СНЭ можно использовать для стабилизации частоты сети. Регулирование напряжения может осуществляться аналогично регулированию частоты, вырабатывая и поглощая также и реактивную мощность. При этом использование СНЭ для решения задачи регулирования позволяет сократить доли регулировочных объектов генерации, снизить необходимость инвестиций в увеличение установленной мощности электростанций и инфраструктуры, а также сократить эксплуатационные издержки.

Сглаживание неравномерности генерации возобновляемых источников энергии

Для интеграции возобновляемых источников энергии (ВИЭ) требуется решение проблемы неравномерности выработки ими электроэнергии, при этом СНЭ могут рассматриваться как один из ключевых способов решения этой проблемы. Работы, приведенные в [7 – 9], демонстрируют использование СНЭ с аккумуляторными батареями в составе ветряных и солнечных электростанций.

Активно обсуждается в научной среде концепция интеллектуальной электроэнергетической системе и активно-адаптивной сети (Smart Grid). В этой

концепции электроэнергетическая сеть превращается из пассивной системы, служащей для передачи электроэнергии, в активную, все элементы которой могут динамически менять свои характеристики в зависимости от режима работы энергосистемы. Особое место в этой концепции отводится сетевым накопителям электроэнергии. СНЭ должны обладать достаточной гибкостью и быстродействием для того, чтобы обеспечить накопление энергии, вырабатываемой ВИЭ, а также обеспечить качество электроэнергии и устойчивую работу как при работе параллельно с сетью, так и в автономной сети и режиме источника бесперебойного питания [10].

Покрывание пиковых нагрузок и выравнивание нагрузки

СНЭ служат в качестве энергетического буфера, который компенсирует отклонения между запланированным графиком генерации и реальной потребностью в мощности. Если плановая выработка не удовлетворяет спросу нагрузки, СНЭ может обеспечить разницу. Если плановая выработка выходит за рамки спроса на нагрузку, СНЭ может запасти излишки электроэнергии. СНЭ позволяют обеспечить пиковую часть нагрузки и таким образом содействовать обеспечению баланса мощностей. Аналогично может выполняться и регулирование нагрузки. Разница заключается в том, что обеспечение пиковых нагрузок в основном фокусируется на сглаживании пика нагрузки, а выравнивание нагрузки используется для выравнивания всего профиля нагрузки [11].

Повышение качества электроэнергии

Характеристики СНЭ с аккумуляторными батареями позволяют использовать их для повышения качества электроэнергии в энергосистеме, применяя их в качестве устройств гибкой системы передачи переменного тока (*Flexible Alternating Current Transmission System, FACTS*) и статических компенсаторов реактивной мощности (*Static synchronous compensator, STATCOM*) [12]. СНЭ могут использоваться для повышения качества электроэнергии и для поддержания напряжения в допустимых пределах. Они могут применяться для решения проблем несимметрии и гармонического состава питающей сети, а также компенсировать реактивную мощность системы.

Включенный запас мощности

Включенным запасом мощности или вращающийся резервом называют генераторы, которые подключены к сети и находятся в запущенном состоянии, и поэтому они могут реагировать на запрос мощности от оператора намного быстрее, поскольку пуск генераторов занимает длительное время. СНЭ может реагировать быстрее, чем обычные генераторы [13]. В случае аварии на уровне передачи электроэнергии, СНЭ может ввести свою полную мощность чрезвычайно быстро (в течение нескольких минут), чтобы поддерживать частоту сети в допустимом диапазоне до тех пор, пока неисправность не будет устранена.

Заключение

Применение сетевых накопителей энергии на базе электрохимических источников тока высокой мощности и энергоемкости имеют высокий потенциал как в составе автономных систем электроснабжения и сетей питания собственных нужд объектов, так и в составе самостоятельных устройств в составе энергосистемы для работы параллельно с ней.

Одним из важнейших преимуществ применения технологии хранения энергии в энергосистемах является расширение интеграции ВИЭ. Для того, чтобы преодолеть проблемы неравномерности выработки электроэнергии от ВИЭ, СНЭ часто используются в сочетании с ветряными электростанциями, дизельными, бензиновыми или газовыми генераторами. Из-за более быстрой скорости отклика и гибкости управления электрические накопители могут применяться в регулировании частоты и напряжения сети. Сетевые накопители могут применяться для энергетического арбитража, обеспечивая при этом потребителю дополнительную прибыль. Установка накопителя в перегруженном узле позволяет отложить обновление существующей инфраструктуры и высвободить часть средств для других инфраструктурных проектов.

Настоящая работа подготовлена в рамках соглашения №14.574.21.0153 от «26» сентября 2017 года о предоставлении субсидии при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации. Уникальный идентификатор прикладных научных исследований RFMEFI57417X0153.

Список литературы

1. Tumuru N.R., Mishra M.K., Srinivas S. Dynamic Energy Management of Renewable Grid Integrated Hybrid Energy Storage System // IEEE Trans. Ind. Electron. – 2015. – Т. 62. – №12. – С. 7728–7737.
2. Zhou T., Sun W. Optimization of Battery-Supercapacitor Hybrid Energy Storage Station in Wind/Solar Generation System // IEEE Trans. Sustain. Energy. – 2014. – Т. 5. – №2. – С. 408–415.
3. Shi J. и др. Application of a hybrid energy storage system in the fast charging station of electric vehicles // IET Gener. Transm. Distrib. – 2016. – Т. 10. – №4. – С. 1092–1097.
4. Luo X. и др. Overview of current development in electrical energy storage technologies and the application potential in power system operation // Appl. Energy. – 2015. – Т. 137. – С. 511–536.
5. Koohi-Kamali S. и др. Emergence of energy storage technologies as the solution for reliable operation of smart power systems: A review // Renew. Sustain. Energy Rev. – 2013. – Т. 25. – С. 135–165.
6. Castillo A., Gayme D.F. Grid-scale energy storage applications in renewable energy integration: A survey // Energy Convers. Manag. – 2014. – Т. 87. – С. 885–894.
7. Tani A., Camara M.B., Dakyo B. Energy Management in the Decentralized Generation Systems Based on Renewable Energy – Ultracapacitors and Battery to Compensate the Wind/Load Power Fluctuations // IEEE Trans. Ind. Appl. – 2015. – Т. 51. – №2. – С. 1817–1827.
8. Daud M.Z., Mohamed A., Hannan M.A. An improved control method of battery energy storage system for hourly dispatch of photovoltaic power sources // Energy Convers. Manag. – 2013. – Т. 73. – С. 256–270.
9. Bragard M. и др. The Balance of Renewable Sources and User Demands in Grids: Power Electronics for Modular Battery Energy Storage Systems // IEEE Trans. Power Electron. – 2010. – Т. 25. – №12. – С. 3049–3056.

10. Gungor V.C. и др. A Survey on smart grid potential applications and communication requirements // IEEE Trans. Ind. Informatics. – 2013. – Т. 9. – №1. – С. 28–42.

11. Pegueroles-Queralt J., Bianchi F.D., Gomis-Bellmunt O. A Power Smoothing System Based on Supercapacitors for Renewable Distributed Generation // IEEE Trans. Ind. Electron. – 2015. – Т. 62. – №1. – С. 343–350.

12. Aarathi A.R., Jayan M.V. Grid connected photovoltaic system with super capacitor energy storage and STATCOM for power system stability enhancement // 2014 International Conference on Advances in Green Energy (ICAGE). – IEEE, 2014. – С. 26–32.

13. Parastegari M. и др. Joint operation of wind farm, photovoltaic, pump-storage and energy storage devices in energy and reserve markets // Int. J. Electr. Power Energy Syst. – 2015. – Т. 64. – С. 275–284.