

УДК 004.421.2

ПРИМЕНЕНИЕ СУПЕРКОНДЕНСАТОРОВ В ЭНЕРГЕТИКЕ

Спода А. Е.

Научный руководитель – д.т.н., профессор Фурсанов М. И.

Суперконденсаторы - это электрохимические конденсаторы, которые существенно отличаются от обычных практически неограниченной долговечностью, более низкими потерями тока и большими значениями удельной мощности. При этом они имеют на порядок меньшие габариты. То есть это батарея нового поколения, которая сможет открыть многочисленные перспективы в энергетике. В первую очередь большой интерес к суперконденсаторам вызван возможностью замены ими батарей, а также создания гибких источников питания большой мощности [3].

В целом суперконденсатор – это гибрид химической аккумуляторной батареи и обычного конденсатора:

1) Главное отличие суперконденсатора от привычного конденсатора — в наличии у первого не просто диэлектрика между электродами, а двойного электрического слоя. В результате между электродами образуется очень маленькое расстояние, а его возможность накапливать электрическую энергию (электрическая емкость) получается намного выше.

2) Кроме этого суперконденсатор от аккумуляторной батареи отличается скоростью накопления, а также степенью отдачи электрического заряда. Благодаря применению двойного электрического слоя повышается площадь поверхности электродов при тех же общих габаритах. То есть в устройстве сочетаются лучшие электрические характеристики – существенная емкость аккумулятора и скорость конденсатора [2].

К отличительным особенностям суперконденсаторов относятся:

1. Высокая удельная мощность, что делает суперконденсаторы оптимальным средством для работы при резких и значительных изменениях мощности и эффективно использовать для стабилизации параметров тока.

2. Высокая скорость заряда/разряда, что позволяет эффективно применять суперконденсаторы в системах рекуперации энергии и компенсации импульсной мощности.

3. Широкий диапазон рабочих температур от -40 до 65 °С, что обеспечивает их применение в различных системах уличного исполнения без специальных климатических систем.

4. Срок службы не менее 10 лет (миллион циклов заряда/разряда), что исключает необходимость частых замен и снижает эксплуатационные издержки.

5. Герметичность и экологичность, что исключает необходимость эксплуатационных затрат и затрат на проведение экологических мероприятий.

6. Компактность, малые размеры и масса, что делает суперконденсаторы эффективными для автономных и мобильных применений [2].

Суперконденсаторы в настоящее время применяются практически во всех индустриях, однако к основным потребителям можно отнести производителей электроники, транспорта, энергетики, включая возобновляемую, и силового оборудования [1].

Одним из наиболее распространённых применений суперконденсаторов является их использование в составе систем управления ориентацией (поворота) лопастей турбин ветрогенераторов с целью обеспечения максимальной генерации электроэнергии и предотвращения поломки лопастей при большой скорости ветра, так называемых системах Pitch control.

Доля применения суперконденсаторов в системах Pitch control постоянно растёт, в первую очередь за счёт отказа от аккумуляторных батарей в силу того, что использование суперконденсаторов оказывается надёжнее и экономичнее.

Ещё одним распространённым применением является использование суперконденсаторов в составе «гибридных» систем накопления энергии совместно с аккумуляторными батареями. В данных системах суперконденсаторы и аккумуляторы

компенсируют недостатки друг друга. Аккумуляторные батареи используются в качестве основного накопителя энергии, в то время как суперконденсаторы обеспечивают импульсные режимы работы, компенсируя нестабильную генерацию возобновляемых источников энергии и быстрые изменения нагрузки. Помимо этого, суперконденсаторы защищают аккумуляторы от просадок напряжения и высоких токов заряда/ разряда. При этом потребность в аккумуляторных батареях может быть снижена в пять раз, а срок службы батарей увеличен до двух раз.

Гибридные системы накопления энергии во многих случаях являются наиболее эффективным решением интеграции возобновляемых источников энергии в распределительные сети, компенсации импульсной мощности нагрузки, накопления энергии рекуперации и т.п., чему уже существует множество практических подтверждений.

Одна из крупнейших американских энергетических компаний Duke Energy столкнулась с необходимостью нести значительные затраты, связанные с модернизацией существующей инфраструктуры при подключении возобновляемых источников энергии к распределительной сети. С целью сглаживания нестабильной солнечной генерации, компенсации импульсной мощности и поддержания нагрузки в периоды низкой генерации был установлен гибридный накопитель в составе суперконденсаторов 277 кВт / 8,0 кВт-ч и аккумуляторных батарей 50 кВт / 300 кВт-ч. Суперконденсаторы быстро компенсируют как изменения мощности солнечной генерации, так и импульсные нагрузки, тем самым избавляя аккумуляторы от деградирующих их режимов заряда/разряда. Батареи же обеспечивают долговременное накопление энергии от солнечных батарей и поддержание нагрузки в наиболее оптимальные для этого периоды времени. В результате обеспечено сокращение капитальных затрат на 10-15 % и сокращение операционных затрат на 30 % в сравнении с применением только батарей.

Другим примером эффективного использования «гибридных» систем накопления энергии может служить проект Southeastern Pennsylvania Transportation Authority (SEPTA). Более 80 % из потребляемых данным проектом 5 ГВт энергии приходится на обеспечение движения по железной дороге. Рекуперация энергии торможения могла бы привести к существенной экономии потребления электроэнергии. Соответственно, была разработана и установлена «гибридная» система накопления энергии «суперконденсатор — батарея», предназначенная для выполнения следующих основных функций:

1. Рекуперация энергии торможения. Суперконденсаторы накапливают энергию торможения, определяя повышение напряжения в контактной сети. Данный процесс происходит несколько тысяч раз в сутки и длится в среднем 15-20 секунд.

2. Модулирование нагрузки для обеспечения регулирования частоты на энергетическом рынке. В среднем 90 минут в день тратится на процесс рекуперации энергии торможения, соответственно, остальное время используется для реализации данной функции.

Как результат, было обеспечено 20 % сокращение потребления энергии из сети, а также 800 кВт модулирование мощности с возможностью быстрого подключения. Поскольку это платная услуга, предоставляемая оператору энергосистемы, данная функция приносит SEPTA более \$ 200 тыс. выручки ежегодно [2].

В качестве примера эффективного решения компенсации импульсной мощности с помощью суперконденсаторов можно привести проект глубоководного порта Yangshan в Китае, расположенного недалеко от Шанхая. 23 портовых крана постоянно создавали значительные изменения (просадки) напряжения длительностью 10-15 секунд. Так как порт расположен в 20 милях от берега, увеличение подводимой мощности и прокладка дополнительных силовых кабелей были очень дорогим решением. В качестве альтернативного решения был разработан и установлен суперконденсаторный накопитель мощностью 3 МВт / 17,2 кВтч, обеспечивающий 20-секундную поддержку и компенсацию падения напряжения при работе кранов. К настоящему моменту система эксплуатируется более двух лет. В результате обеспечено 38 % сокращение потребления электроэнергии в пиковых режимах, экономия потребления электроэнергии составила \$ 2,9 млн, а экономия за

счёт повышения эффективности и сокращения эксплуатационных издержек составила \$ 41 млн.

Суперконденсаторы являются одним из трёх базовых элементов — накопителей/источников энергии и занимают по своим характеристикам промежуточное положение между конденсаторами и батареями. Благодаря уникальным свойствам объёмы потребления суперконденсаторов в мире постоянно увеличиваются. В настоящее время суперконденсаторы применяются практически во всех отраслях мировой индустрии, и энергетика здесь не является исключением.

Проведённые исследования и практический мировой опыт показывают, что в большинстве случаев применение суперконденсаторов на всех этапах, от генерации электроэнергии возобновляемыми источниками энергии до конечных потребителей, является наиболее эффективным решением с технической точки зрения и по совокупной стоимости владения и экологичности.

Литература

1. Применение суперконденсаторов EDLC в возобновляемой энергетике [Электронный ресурс]. – 2017.– Режим доступа : <https://econet.ru/articles/150609-primeneniye-superkondensatorov-edlc-v-vozobnovlyaemoj-energetike-mirovaya-praktika>. – Дата доступа : 5.12.2017.
2. Сравнение конденсатора и аккумулятора / [Электронный ресурс]. – 2017.– Режим доступа : <https://best-energy.com.ua/support/battery/bu-209>. – Дата доступа : 5.12.2017.
3. Суперконденсаторы. Устройство и применение. Виды и работа. / [Электронный ресурс]. – 2017.– Режим доступа : <https://electrosam.ru/glavnaja/slabotochnye-seti/oborudovanie/superkondensatory/>. – Дата доступа: 5.12.2017.