

Ионисторы в энергетике

Ёмче, быстрее, мощнее – суперконденсаторы оправдывают приставку в своём названии



Издательство
ООО «Медиа-холдинг
"Западная Сибирь"»

Главный редактор
Иван Рогожкин

Консультант
Людмила Зимина

Обозреватели
Павел Безруких
Мария Суханова

Над выпуском работали
Анатолий Печейкин
Максим Родионов
Мария Хомутская

Фото
Александр Поляков
Виталий Савельев

Отдел рекламы
E-MAIL: WELCOME@OILRU.COM

Редакция
Телефон: +7 (916) 422-95-19
Web-site:
WWW.ENERGVECTOR.COM
E-MAIL: EVECATOR@OILRU.COM

Facebook
HTTP://FACEBOOK.COM/
ENERGVECTOR

Дополненная реальность
HTTP://ORBSOFT.RU/DOF_REAL/

Ежемесячное издание
Регистрационный номер
ПИ №ФС77-46147
Издаётся с сентября 2011 г.
12+

Подписано в печать
8.1.2019 г.

Цена договорная

Редакция не несет
ответственности
за достоверность информации,
содержащейся в рекламных
объявлениях

Мнения авторов статей
не всегда отражают позицию
редакции

При перепечатке ссылка
на газету «Энерговектор»
обязательна

Дизайн-макет:
Максим Родионов

Иллюстрация на первой полосе:
отрисована по мотивам
Eline van Lindenhuizen

энергии может достигать 150 Вт·ч/л. Заслуга разработчиков в том, что они смогли создать растворитель, который позволяет вязкому электролиту всасываться внутрь нанотрубок, повышая эффективную площадь соприкосновения с электродными пластинами. Это решение ускоряет химические реакции и обмен зарядами. По своим основным техническим характеристикам (ёмкость – 650 Ф, объём – 520 мл, плотность электри-

чества и имеют очень хорошие перспективы для ещё более широкого распространения. Ионисторы наилучшим образом дополняют первичные источники энергии, такие как генератор с двигателем внутреннего сгорания, топливный элемент или аккумулятор, которые не могут выдавать кратковременные импульсы высокой мощности. Будущее ионисторного рынка выглядит многообещающе.



Система накопления энергии на ионисторах для метрополитена

ческой энергии – 58 Вт·ч/кг, масса – 0,5 кг) суперконденсатор Spracelink уже может конкурировать с литий-ионным аккумулятором, а по скорости заряда и отдачи энергии опережает его.

Ключевые характеристики

К преимуществам ионисторов относятся высокая скорость заряда-разряда, устойчивость к сотням тысяч циклов перезарядки по сравнению с тысячами (в лучшем случае) у аккумуляторов, малые масса и габариты по сравнению с электролитическими конденсаторами, низкий уровень токсичности компонентов, допустимость разряда до нуля.

Рабочее напряжение современного ионисторного элемента составляет 1,8–3 В, номинальная ёмкость – до 5000 Ф, масса – до 1 кг. Диапазон температур – от –40 до +65 °С. Удельная мощность, запасаемая ионисторами, может достигать 20 кВт/кг. Рабочие токи элементов доходят до 1000 А.

Для повышения рабочего напряжения ионисторные элементы соединяют последовательно в цепочки. При этом используются схемы балансировки, которые не допускают, чтобы напряжение на каждом элементе превысило максимально допустимое. Если это произойдёт, элемент выйдет из строя, после чего откажет вся цепочка.

Соединяемые в цепочку элементы должны иметь минимальный разброс ёмкостей – в пределах ±5–8%. Разброс от –20% до +80%, как у некоторых электролитических конденсаторов, недопустим. Из-за наличия схем балансировки, которые потребляют определённый ток, время хранения энергии в ионисторных сборках обычно ограничено несколькими сутками.

Варианты применения

В настоящее время сфера применения ионисторов быстро расширяется. Благодаря перечисленным преимуществам эти приборы уже используются в тысячах различных

Рассмотрим, каким образом ионисторы применяются в разных отраслях.

Автомобильная промышленность: аккумулируют энергию торможения и отдают её для разгона, обеспечивают многократный гарантированный запуск двигателя, стабилизацию параметров бортовой сети.

Железнодорожный транспорт: аккумулируют энергию торможения и отдают её для разгона, стабилизируют параметры бортовой и контактной сети.

Производство: используются в качестве источника импульсной мощности для различных старт-стопных систем и электроприводов.

Строительство: в системах рекуперации энергии строительных кранов поддерживают подъёмные операции.

Авиация: используются в качестве аварийного источника энергии для экстренного открывания дверей, стабилизации параметров бортовой сети.



При последовательном соединении ионисторных элементов применяются схемы балансировки напряжения (на зеленых платах)

Бытовая электроника: в смартфонах и планшетах питают светодиодную вспышку, предохраняя аккумулятор от перегрузки.

Центры обработки данных (ЦОД) с системами бесперебойного питания, которые при перерыве электроснабжения до момента запу-

ска аварийных генераторов получают энергию от ионисторов.

Российская компания Titan Power Solutions, выпускающая различные изделия на основе ионисторов, предложила концепцию асимметричного источника бесперебойного питания с двойным преобразованием напряжения. Такой ИБП, помимо аккумулятора, включает ионисторы. Асимметрия в том, что мощность выходного преобразователя намного превышает мощность входного. Потребителям энергии, которые имеют импульсные нагрузки, создающие сильные броски тока, подобный ИБП поможет снизить мощность сетевых энергопринимающих устройств.

Помощники для ВИЭ

Накопители энергии становятся важным средством для оптимизации режимов работы систем на основе возобновляемых источников энергии, поддержки малой распределённой энергетики. Накопители также играют существенную роль в повышении качества электроэнергии у потребителей, стабилизируя напряжение и выравнивая графики нагрузок (особенно при наличии нагрузок резкого переменного, импульсного, характера). Весьма перспективно использование ионисторных накопителей для выравнивания графиков выдачи мощности в энергосистемах на основе ВИЭ.

В сфере ВИЭ наиболее распространены и интенсивно строятся солнечные фотоэлектрические станции (ФЭС) и ветроэнергетические установки (ВЭУ). Подобные энергообъекты отличаются непостоянным характером генерации и потому требуют резервирования традиционными источниками энергии или применения накопителей энергии внушительного объёма. В автономных системах электроснабжения на основе ВИЭ стоимость накопителей энергии (аккумуляторных батарей) может достигать до половины стоимости всего оборудования, а срок их службы напрямую зависит от количества и характера зарядно-разрядных циклов в процессе эксплуатации.

И вот здесь-то на помощь приходит ионистор, способный практически любую энергию от ионисторов. Росийская компания Titan Power Solutions, выпускающая различные изделия на основе ионисторов, предложила концепцию асимметричного источника бесперебойного питания с двойным преобразованием напряжения. Такой ИБП, помимо аккумулятора, включает ионисторы. Асимметрия в том, что мощность выходного преобразователя намного превышает мощность входного. Потребителям энергии, которые имеют импульсные нагрузки, создающие сильные броски тока, подобный ИБП поможет снизить мощность сетевых энергопринимающих устройств.

Проблему балансировки генерируемой и потребляемой мощностей можно решать включением в энергосистему балансирующих накопителей электроэнергии. На роль таких накопителей в последнее время претендуют ионисторные силовые сборки. Их параметры достигают впечатляющих величин: ёмкость – до 300 Ф, запасаемая энергия – до 50 МДж, рабочее напряжение – до 800 В, ток разряда – до 5 кА, удельная энергия – до 50 кДж/кг.

Аккумулирующую электростанцию ёмкостного типа можно построить путём параллельного соединения большого числа однотипных модулей мощностью несколько киловатт каждый. В таком модуле организовано двойное преобразование энергии: сначала переменного тока частотой 50 Гц в постоянный с помощью выпрямителя и дальнейшим накоплением электроэнергии ионисторами, а затем – преобразование постоянного тока в переменный частотой 50 Гц с помощью электронных полупроводниковых инверторов.

Аккумулирующая электростанция собирается из множества (до нескольких тысяч) таких модулей, мощность которых суммируется с помощью трансформаторов. Управление модулями – автоматическое по программе. В результате аккумулирующая электростанция не требует постоянного присутствия обслуживающего персонала, контролируется и управляется дистанционно по радиоканалу или через волоконно-оптическую линию связи.

Алексей БАТЫРЬ

Ионисторы, они же электрохимические конденсаторы, они же суперконденсаторы, они же ультраконденсаторы, уже несколько десятилетий успешно применяются в бытовой электронике, компьютерной технике, медицинских и других приборах. Но только недавно их характеристики достигли уровня, необходимого для применения в электроэнергетике.

«Активированный» конденсатор

Еще в начале 1950-х инженеры компании General Electric начали экспериментировать с активированным углём, пробуя его в качестве материала для электродов конденсаторов. Активированный уголь обладает пористой структурой и поэтому имеет очень большую удельную поверхность. В 1957 г. был запатентован «низковольтный электролитический конденсатор с электродами из пористого углерода», но автор патента Г. Беккер не смог правильно понять природу происходящих в нём процессов.

В 1966 г. инженеры американской компании Standard Oil Company of Ohio (SOHIO) разработали другой вариант устройства, но даже в 1970-м их патент назывался примерно так же, как у Беккера. В их конденсаторе две ленты из алюминиевой фольги (элек-

троды), покрытые слоем активированного угля и разделённые тонким слоем пористого изолятора, погружались в электролит (водный раствор серной кислоты). Ёмкость такого конденсатора достигала одного фарада, т. е. значительно превышала ёмкость электролитического конденсатора аналогичных размеров.

SOHIO не довела свою разработку до промышленного выпуска, продав лицензию японской компании NEC. Она наладила выпуск ионисторов под торговой маркой «суперконденсатор» и стала устанавливать их в качестве резервных источников питания на свои платы оперативной памяти.

В 1978 г. японская компания Panasonic выпустила «золотой конденсатор» (“Gold Cap”), также завоевавший успех на этом рынке. Однако эти ионисторы обладали высоким внутренним сопротивлением, которое ограничивало возможность быстрого извлечения энергии, а значит, сильно сужало диапазон сфер применения.

В период 1975–1980 гг. профессор Брайан Конвей из Университета Оттавы провёл масштабную исследовательскую и конструкторскую работу по ионисторам на оксиде рутения. В 1991 г. он подробно описал различия между ионистором (он называл его суперконденсатором) и аккумулятором как электрохимическими хранилищами энергии. Повышенную ёмкость суперконденсатора он объяснял поверхностными окислительно-восстановительными реакциями, сопро-

вождающимися переносом заряда между электродами и ионами электролита. Суперконденсатор хранит электрический заряд частично в «двойном слое» Гельмгольца, возникающем на границе между электродом с электронной проводимостью и электролитом с ионной, а частично – благодаря «псевдоёмкости», т. е. переносу зарядов электронами и протонами между электродом и электролитом, происходящему в результате окислительно-восстановительных реакций, интеркаляции (обратимого включения молекулы или их группы между другими молекулами или группами) и электросорбции (абсорбции на поверхности).

В 1982 г. специалисты американского научно-исследовательского института Pinnacle (PRI), работая над задачей по улучшению материалов электродов и электролитов, создали ионисторы с очень высокой плотностью энергии, которые появились на рынке под названием PRI Ultracapsacitor.

Спустя десятилетие, в 1992 г., компания Maxwell Laboratories (впоследствии переименованная в Maxwell Technologies) начала развивать технологию PRI под названием Boost Caps. Цель проекта Maxwell – создание ионисторов высокой ёмкости с низким внутренним сопротивлением, чтобы получить возможность питания мощного электрооборудования. Сейчас Maxwell Technologies – мировой лидер в разработке и производстве ионисторов, занимающий на глобальном рынке долю около 40%.

В 1999 г. тайваньская корпорация UltraCap Technologies также начала сотрудничество с PRI, которая к тому времени разработала электродную керамику с очень большой удельной площадью поверхности, и к 2001 г. на рынок был выпущен первый ультраконденсатор, произведённый на Тайване. С этого момента началось активное развитие технологии во многих научно-исследовательских институтах по всему миру.

Недавно группа учёных из Калифорнийского университета в Риверсайде в своих работах показала, что ионисторы нового типа на основе пористой структуры, где частицы оксида рутения нанесены на графен, имеют отличные перспективы. Калифорнийские исследователи обнаружили, что поры «графеновой пены» обладают наноразмерами, подходящими для удержания частиц оксидов переходных металлов. Ионисторы на основе оксида рутения теперь рассматриваются как наиболее перспективные. Работающие на безопасном водном электролите, они обеспечивают увеличение запасаемой энергии и допустимой силы тока разряда вдвое по сравнению с лучшими из имеющихся сейчас на рынке.

Примерно год назад японская компания Spracelink продемонстрировала свою новую разработку. Для достижения высоких технических показателей ионистора на его электроды, выполненные из нанотрубок углерода, наносится тонкий слой оксида металла. Плотность накапливаемой электрической