

# Больше мощности на рельсы

**Системы накопления энергии на ультраконденсаторах позволяют избежать проблем на пассажирском транспорте при перебоях в электросети и, в качестве приятного дополнения, сэкономить до 30% электроэнергии.**

**Александр Крутиков**

a.krutikov@yeint.spb.ru.

Если вам приходится ездить на трамвае или на метро, то проблемы с перебоями электропитания вам знакомы. Состав внезапно останавливается, возникают задержки, и буквально за несколько минут друг за другом посреди перегона выстраивается несколько поездов — как правило, в часы пик, когда во всех вагонах полно пассажиров. Для каждого отдельного пассажира это всего лишь несколько минут опоздания, но, как в своего рода цепной реакции, такие инциденты затрагивают существенную часть транспортной сети, особенно когда возобновить движение должны несколько застрявших в тоннеле поездов. Если они все практически одновременно начнут потреблять из сети электроэнергию, напряжение в ней может упасть ниже критического уровня.

Руководители городских сетей транспорта нескольких европейских городов, например Кельна и Мадрида, а также нескольких мегаполисов в США, в частности Портленда (шт. Орегон), взялись за эту ранее не решенную проблему, используя новые системы накопления энергии с возможностью рекуперативного использования энергии торможения. Эта система разработана инженерами из Siemens Transportation Systems (отделение систем транспорта компании Siemens) и называется SITRAS SES (рис. 1). Она позволяет операторам транспортных систем сэкономить до 30% электроэнергии. SITRAS SES вносит

также существенный вклад в повышение стабильности работы транспортной сети, что не только увеличивает ее надежность, но и улучшает настроение пассажиров.

Первые поезда метро, возвращающие при торможении часть своей энергии обратно в сеть, вышли на линии примерно двадцать лет назад. При торможении такого поезда его электродвигатели работают как генераторы и передают вырабатываемое электричество обратно в контактную сеть. Однако эту избыточную энергию можно использовать только в том случае, если где-то еще в сети имеется нагрузка с повышенным потреблением, например трогаящийся в этот момент поезд. В противном случае для нормальной работы можно использовать только примерно 60% возвращенной энергии. Остальная энергия без пользы рассеивалась в виде тепла на тормозном резисторе. Например, в Швейцарии затраты на электроэнергию — это значительная часть общего бюджета транспортной сети, составляющая от 25 до 150 тысяч евро в год в зависимости от вида транспорта, и операторы таких систем весьма заинтересованы в снижении этих затрат за счет экономии электроэнергии.

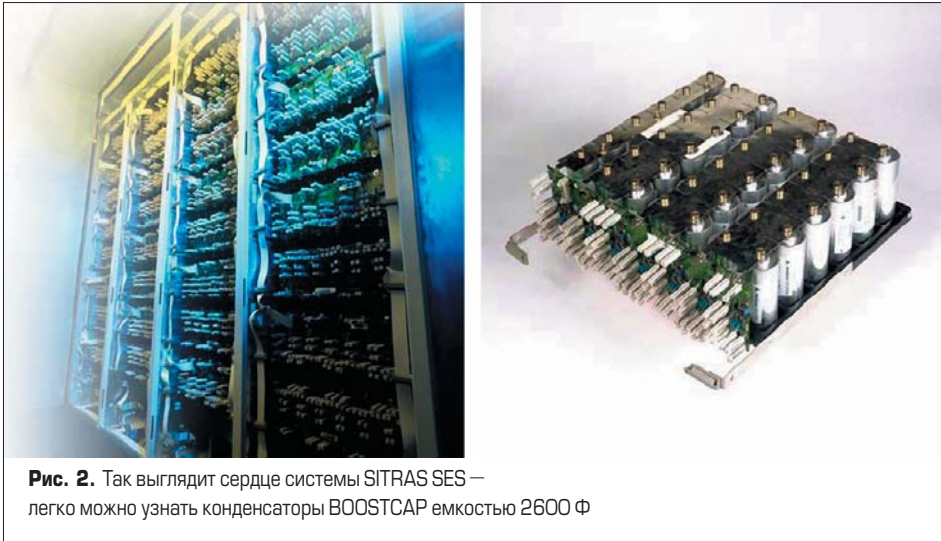
Примерно четыре года назад инженеры впервые стали задумываться над системой аккумуляции энергии, которая поглощала бы энергию торможения и позднее высвобождала бы ее для трогаящихся поездов. Моделирование и практические испытания в различных городах показали, что использование соответствующей системы, способной аккумулировать энергию ежедневно в течение 22 часов в сутки, может снизить энергопотребление с сети примерно на 500 тыс. киловатт-часов, или на 30%. Это эквивалентно снижению выбросов CO<sub>2</sub> на 300 тонн.

Изначально, прежде чем выбрать в качестве аккумулятора энергии ультраконденсаторы, инженеры решили использовать системы на основе маховика. Но уже после первых испытаний стало ясно, что такие системы не пригодны для длительной эксплуатации, поскольку требуют сложного обслуживания. Вот почему инженеры сконцентрировались на разработке конденсаторных систем аккумуляции электроэнергии.

Ультраконденсаторы Maxwell, используемые в системе SITRAS SES, имеют емкость 2600 Ф и размеры банки из-под кока-колы (рис. 2). Каждый конденсатор работает при напряжении 2,3 В. Всего модуль энергоаккумулятора содержит примерно 1300 таких конденсаторов. Пиковая мощность системы — 1 МВт.



**Рис. 1.** Модуль SITRAS SES может запасать в себе энергию торможения поездов в радиусе трех километров



**Рис. 2.** Так выглядит сердце системы SISTRAS SES — легко можно узнать конденсаторы BOOSTCAP емкостью 2600 Ф

Система, в состав которой, помимо конденсаторов, входят модуль подключения, преобразователь напряжения и электроника управления, занимает два ряда шкафов, каждый длиной 3 метра и высотой 2,7 метра. Если одновременно трогается два или более составов, система SISTRAS SES высвобождает энергию, накопленную при торможении, и напряжение контактной сети никогда не падает ниже критического уровня. Таким образом, система не только экономит электричество — благодаря своему малому времени отклика она также предотвращает внезапное пропадание контактного напряжения и тем самым позволяет избежать того, что сотни расстроенных пассажиров застрянут в пути.

### Технология ультраконденсаторов

В ультраконденсаторах производства компании Maxwell электроды из порошкового углерода помещены в органический электролит. Благодаря новой технологии построения конфигурации электродов такие конденсаторы в полулитровом объеме могут обеспечить активную площадь поверхности электродов, равную двум футбольным по-

лям. При компактном размере ультраконденсаторы могут накапливать несоизмеримо большую энергию, чем обычные конденсаторы. В настоящий момент на рынке имеются конденсаторы компании Maxwell, поставляемые под маркой BOOSTCAP, номиналом от 5 до 10 Ф для призматических элементов и до 2600 Ф для цилиндрических. Они могут обеспечивать повторяющиеся импульсы очень высокой мощности и заряжаться с той же скоростью, с которой разряжаются, без заметного влияния на срок службы. Поскольку они рассчитаны на несколько миллионов циклов, то они практически не требуют обслуживания в течение всего срока эксплуатации изделия, в котором они применяются. Как следствие, их не требуется утилизировать, что делает их экологически чистым способом аккумуляции энергии.

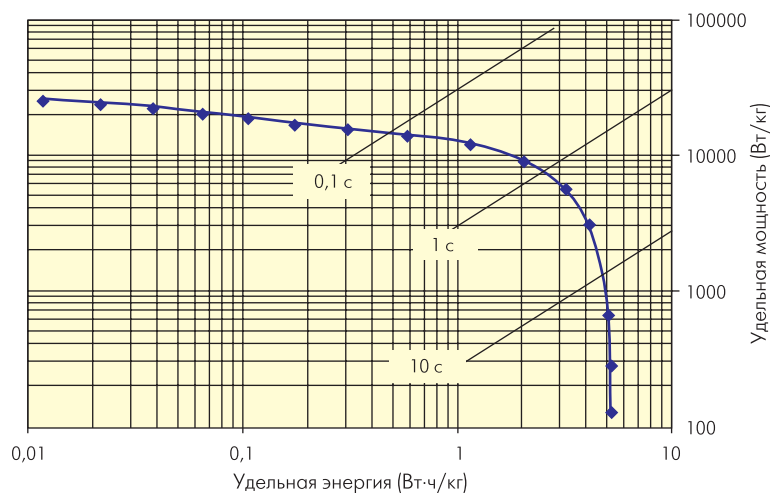
Большие батареи ультраконденсаторов были разработаны для промышленных применений (источники бесперебойного питания или демпферные системы ветроэнергетических установок) и для применений на транспорте (гибридные автобусы и грузовики, рельсовый электротранспорт, емкостные стартеры для дизелей). Компактные ультраконденсаторные батареи были разработаны для потребительской

электроники (дистанционные передатчики, цифровые камеры, считыватели штрих-кода, платы компьютерной памяти) и для применений на транспорте (устройства сигнализации на рельсовом электротранспорте, электрические приводные механизмы или замки для самолетных и автомобильных дверей). Многие из конечных изделий, в которых нашли применение конденсаторы BOOSTCAP, теперь поступают в продажу.

### Новые изделия

Недавно компания Maxwell разработала новые ультраконденсаторы высокой мощности в корпусе революционной конструкции. Батареи BCAP0350 D серии BOOSTCAP — первые из серии новых ультраконденсаторов, помещенных в корпус стандартного для элементов питания размера с целью снижения стоимости и облегчения внедрения новой технологии (рис. 3). За счет стандартизации размеров своих ультраконденсаторов Maxwell снизил себестоимость из производства более чем на 50%, уменьшилось время выхода изделия на рынок, поскольку в распоряжении разработчиков оказывается знакомый типовой размер, способствующий быстрой и простой интеграции продукции в конечные изделия.

350-фарадные ультраконденсаторы разработаны для обеспечения максимальной производительности. При весе всего в 60 г они характеризуются удельной мощностью до 25 Вт/кг и удельной энергией до 5,1 Вт·ч/кг. Новые элементы BOOSTCAP рассчитаны на номинальное напряжение в 2,5 В и могут выдерживать пики до 2,8 В. Диапазон рабочих температур — от  $-40$  до  $+70$  °С. Благодаря выдающимся характеристикам и низкой цене, такие батареи идеально подходят для таких применений, как мультizonные системы раздачи энергии в автомобилях, демпферные системы ветроэнергетических установок, системы открывания дверей в самолетах, приводные устройства, медицинские системы, резервные батареи и многие массовые изделия бытовой электроники.



**Рис. 3.** Новые конденсаторные батареи высокой мощности BCAP0350 D серии BOOSTCAP и кривые Рагон для них, показывающие зависимость удельной мощности от удельной энергии

