

Ультраконденсаторы

улучшают КПД электромобилей и автомобилей с гибридным приводом

Хотя электромобили и автомобили с гибридным приводом разрабатываются уже много лет, они не получили широкого распространения. Некоторые проблемы аккумуляирования и распределения энергии пока так и не нашли успешного и экономичного решения. Многие из этих проблем связаны с ограничениями, свойственными батареям — тяжелым, громоздким, с ограниченной скоростью зарядки и потенциально требующим больших эксплуатационных затрат устройствам.

Александр Крутиков

a.krutikov@yeint.spb.ru

В последних разработках в области применения электродвигателей и гибридных двигателей в автомобилестроении удалось достигнуть значительных успехов благодаря применению ультраконденсаторов. Ультраконденсаторы, или конденсаторы с двойным слоем, способны хранить большой заряд, обладают высоким КПД, стабильностью при циклической работе и отличной работоспособностью при низких температурах.

В автостроении ультраконденсаторы позволяют использовать рекуперативное торможение, что значительно улучшает КПД и снижает загрязнение окружающей среды. Они позволяют останавливать двигатель, когда автомобиль стоит, и запускать его, когда нужно. Совместное использование бензинового двигателя и ультраконденсаторов обеспечивает увеличение топливной эффективности на 7–15%, а снижение загрязняющих выбросов — и того меньше.

Среди компаний, объявивших о программах использования ультраконденсаторов в силовых агрегатах своих транспортных средств, такие известные имена, как BMW, Volkswagen, Honda, Nissan и Toyota. Их автомобили включают системы для гибридных грузовиков, автобусов и пассажирских транспортных средств; некоторые из них находятся еще в стадии разработки, другие же готовы к массовому выпуску.

Для европейских условий компания Vossloh Kiepe GmbH из Дюссельдорфа (Германия) построила и испытала силовой агрегат для гибридных дизель-электрических автобусов с применением ультраконденсаторов, в котором для повышения КПД используется рекуперативное восстановление энергии при торможении. В прототипе системы использовалось 288 ультраконденсаторов на напряжение 2,5 В, соединенных последовательно, чтобы получить необходимое напряжение 350–720 В. Полная энергия, запасаемая в системе ультраконденсаторов, достаточна для того, чтобы разогнать автобус до скорости 50 км/ч без помощи дизельного двигателя.

Ультраконденсаторы производства Maxwell были также испытаны на скоростных трамваях. В Германии с 2003 года для пассажирских перевозок используется разработанный фирмой Bombardier Transportation

трамвай, который продемонстрировал возможность экономии до 30% энергии и стал прототипом современных скоростных трамваев, использующих рекуперацию. Ультраконденсаторы, запасующие выделяющуюся при торможении энергию, в типовом случае испытывают в течение года от 100 000 до 300 000 циклов перезарядки — это означает, что аккумуляторные батареи не подходят для такого применения. Кроме того, ультраконденсаторы легче, чем аккумуляторные батареи.

Учитывая, что общественный транспорт потребляет примерно 25% первичной электроэнергии (данные по Германии), становится ясно, что такие разработки могут внести значительный вклад в общее снижение потребления энергии.

Пример — корпорация ISE

Корпорация ISE разрабатывает решения для транспортных средств с гибридным приводом, вбирающим в себя лучшее от двигателей внутреннего сгорания, электромоторов и компонентов хранения энергии. Системное решение использует ДВС или топливные элементы, работающие в качестве первичного источника энергии, и системы хранения энергии, служащие вторичным источником. Первичный источник энергии рассчитан на крейсерский режим работы, а вторичный источник обеспечивает потребление на пиках нагрузки, связанных с разгоном.

В первоначальных конструкциях гибридных систем для хранения энергии использовали аккумуляторы. Однако инженеры-разработчики столкнулись с несколькими проблемами. Аккумуляторам требуется сложная схема выравнивания заряда. Поскольку характеристики аккумуляторов существенно снижаются при крайних температурах, для мощных аккумуляторных батарей требуется система термостабилизации. При отрицательных температурах аккумуляторы не работают без подогрева. Ограниченный срок службы аккумуляторов при крайних значениях температуры приводит к большим расходам по замене и увеличивает эксплуатационные расходы. Стоимость замены, помимо цены нового аккумулятора и стоимости



Рис. 1. Автобус в Лонг-Бич

его установки, включает расходы на демонтаж и утилизацию старого аккумулятора. Утилизация аккумулятора может создавать особенно большие проблемы, если у изготовителя нет связанной с этим специальной программы.

И возможно, самое главное: некоторые конструкции аккумуляторных батарей не способны отдавать высокую мощность в кратковременном пике, например, при разгоне и рекуперативном торможении. Эти ограничения на мощность снижают эффективность конструкций гибридных систем электропривода.

Решение

Чтобы преодолеть ограничения, присущие аккумуляторным батареям, корпорация ISE исследовала применение в качестве вторичного источника энергии ультраконденсаторов. Поставщиком ультраконденсаторов для корпорации ISE стала фирма Maxwell Technologies, предлагающая технологию BOOSTCAP.

Среди преимуществ технологии BOOSTCAP — лучшие характеристики на высоких уровнях мощности, безопасность, экономичность, простота утилизации и КПД. В отличие от аккумуляторов и многих других технологий ультраконденсаторов, изделия BOOSTCAP работоспособны при температурах до -40°C . Более высокая безопасность связана с тем, что ультраконденсаторы легко зарядить за ночь, что невозможно в случае аккумуляторных батарей, где в течение всего цикла требуется высокое напряжение. Поскольку в ультраконденсаторах не протекают химические реакции, как в аккумуляторах, срок их службы больше соответствует сроку эксплуатации автомобиля, на котором они установлены. Благодаря этому сервисное обслуживание требуется реже, что дополнительно снижает расходы по сравнению с аккумуляторами. Еще одно преимущество заключается в том, что за нормальным функционированием системы легко следить, обеспечивая при необходимости регулярное обслуживание без риска внезапных отказов, свойственных аккумуляторам. Энергетическая емкость и КПД при замене аккумуляторов на ультраконденсаторы увеличивается с 70% до 84–95%, поскольку у последних гораздо меньше внутреннее сопротивление. Ультраконденсаторы могут заряжаться при высоком уровне рекуперативной мощности торможения

и впоследствии возвращать эту мощность при разгоне. Изделия BOOSTCAP изготавливаются из материалов с уровнем утилизации 70% и не содержат тяжелых металлов, наносящих ущерб окружающей среде. За счет ультраконденсаторов инженеры-разработчики корпорации ISE смогли выполнить требования по аккумулярованию энергии в гибридном двигателе, обеспечив высокую надежность и высокий уровень общих характеристик.

Ниже в таблице приведено сравнение специальной подогреваемой аккумуляторной батареи ZEBRA и разработанного в ISE решения Thunderpack II с применением ультраконденсаторов.

Таблица

	Аккумуляторы ZEBRA	Батарея ультраконденсаторов Thunderpack II
Максимальная энергия, кВтч	17,8	0,3
Пиковая мощность, кВт	32	> 150
Удельная энергия, Втч/кг	92	3
Удельная мощность, кВт/кг	0,16	1,5
Срок службы, лет	2,5–5	10–12
Стоимость системы, \$/кВт	400	100
Эксплуатационные расходы, \$/кВт (10 лет)	1100	100

Это сравнение иллюстрирует разницу в энергии и мощности между аккумуляторными батареями и ультраконденсаторами. В оптимальной гибридной системе технологии энергии и мощности можно комбинировать так, чтобы максимально использовать преимущества каждой. Таким образом, в качестве вторичного источника ультраконденсаторы удобнее аккумуляторных батарей.

По словам Тома Бартли, менеджера по инновациям в корпорации ISE, благодаря высокой мощности ультраконденсаторы улучшают характеристики, надежность и долговечность встроенного аккумулятора энергии в автомобилях.

Корпорация ISE и Maxwell Technologies сотрудничают в разработке технологии по созданию систем аккумулярования энергии на основе ультраконденсаторов для автопромышленности. Цель — создать безопасное, надежное, легко обслуживаемое и экономически выгодное изделие. ISE встроила ультраконденсаторы в свои гибридные автомобили и полу-

чила неожиданные результаты. Гибридно-электрический автобус длиной 12 м с накопителем энергии на ультраконденсаторах прошел ускоренный цикл испытаний в центре испытаний грузовиков в Олтуне (США, шт. Пенсильвания). Система уже эксплуатируется на 17 автобусах в г. Элк Грив (США, шт. Калифорния), планируется установить ее на 56 автобусов, которые должны быть поставлены в 2005 году в Лонг-Бич и в Южную Калифорнию. Дополнительные заказы на 2005 год на гибридные автобусы с ультраконденсаторами для других регионов приведут к тому, что к концу года на дорогах будет эксплуатироваться от 100 до 125 таких систем.

Преимущества от использования ультраконденсаторов BOOSTCAP производства Maxwell Technologies — повышенная надежность, низкие расходы на эксплуатацию, улучшенная приемистость и высокие рекуперативные свойства. Со времени своей установки на первый прототип система Thunderpack II надежно работала при температурах от -25 до $+45^{\circ}\text{C}$. Реакция машины гораздо лучше, чем у стандартного автобуса, а расход топлива благодаря более эффективному использованию энергии торможения снизился. Предварительные данные указывают, что средний расход топлива на автобусах с гибридным приводом ISE на базе ультраконденсаторов существенно ниже, чем у автобусов с гибридной системой, использующей аккумуляторные батареи или автобусов с обычными двигателями.

Заключение

Улучшение характеристик системы, полученное разработчиками от замены аккумуляторных батарей на ультраконденсаторы, включает:

- улучшенную работоспособность при низких температурах и отсутствие необходимости в дополнительных устройствах подогрева;
- ночной цикл зарядки, повышающий безопасность;
- увеличенный срок службы — минимум 10 лет вместо максимальных пяти у аккумуляторов;
- простоту мониторинга состояния системы;
- увеличенный КПД аккумулярования энергии — от 70 до 95%.

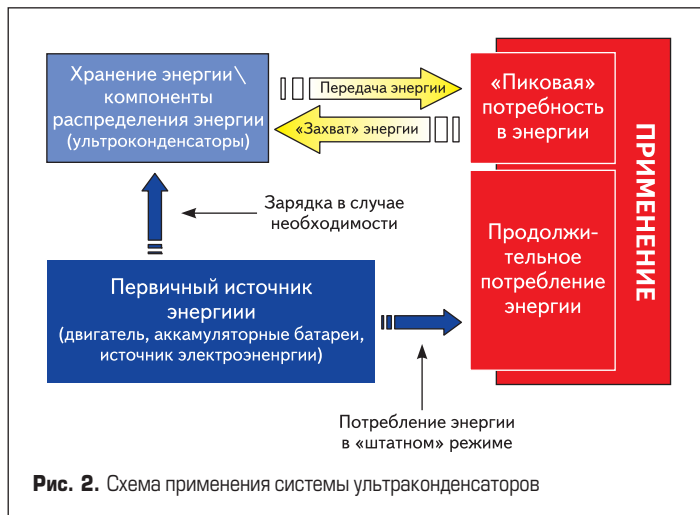


Рис. 2. Схема применения системы ультраконденсаторов