

# Современная элементная база транспортных электротехнических комплексов

Сергей Синицын (Москва)

**В статье рассматривается использование ряда новых технологий, применяемых в производстве современного транспорта. Даны краткие характеристики новой элементной базы, описано её применение на выпускаемых электропоездах.**

В настоящее время перед отечественными железными дорогами особенно остро встал вопрос модернизации морально устаревшего электрооборудования подвижного состава. Наряду с модернизацией серий электропоездов, в которых заменяются отдельные устаревшие узлы, осуществляется также и разработка электропоездов новых серий. Электрооборудование современных электропоездов должно способствовать снижению энергопотребления и затрат на эксплуатацию, иметь повышенную ремонтпригодность и в конечном итоге вывести подвижной состав российских железных дорог в разряд лучших по конкурентным качествам транспортных электротехнических комплексов. Естественно, для достижения поставленных целей требуется применение современной, надёжной элементной базы, которая является своеобразным зеркалом, отражающим уровень развития технологии и производства как в слаботочной, так и в силовой электронике.

Какие же новые оригинальные компоненты и технические решения позволили достичь такого результата? Заранее оговорюсь, что решения, описанные в этой статье, уже несколько

лет используются для серийного производства электропоездов, прошли всесторонние и очень жёсткие испытания и имеют соответствующие сертификаты.

Широкое применение электролитических конденсаторов в современной электротехнике определяется их основными свойствами: относительно небольшими размерами при значительной ёмкости. Однако когда речь идёт о силовой электронике, выбору электролитических конденсаторов следует уделить особое внимание. Первая проблема, с которой приходится столкнуться, – это температурный диапазон. Транспортное исполнение подвагонных преобразовательных устройств требует от элементной базы работоспособности в жёстких условиях: при повышенных вибрациях и высоких значениях импульсных токов. Запуск устройств на морозе определяет нижнюю границу температуры ( $-55^{\circ}\text{C}$ ), а работа в закрытом пространстве и под прямыми солнечными лучами – верхнюю ( $105^{\circ}\text{C}$  в открытом или  $125^{\circ}\text{C}$  в закрытом пространстве).

После тщательной оценки параметров множества типов электролитических конденсаторов как отечественных, так и зарубежных производителей, окончательный выбор был сделан в пользу конденсаторов известного европейского производителя SIC-SAFCO (см. рис. 1). Компания специализируется на разработке и производстве конденсаторов специального назначения – для медицинской и лазерной техники, аппаратуры аэрокосмического комплекса, железнодорожной и военной техники, сварочного оборудования. Конденсаторы способны работать в агрессивных

средах, при высоком уровне вибраций, в широком диапазоне температур: от  $-55$  до  $145^{\circ}\text{C}$ . Широкий диапазон номинальных ёмкостей – от 10 до 2 200 000 мкФ – позволяет удовлетворить практически любые потребности. В зависимости от требований разработчика могут использоваться различные формы корпусов и способы их крепления. Возможность установки конденсаторов на радиатор позволяет применять их в схемах с нагрузкой, значительно превышающей номинальную. Расширенный температурный диапазон позволяет конденсаторам служить дольше. Это немаловажно, поскольку срок эксплуатации железнодорожной техники и её окупаемость рассчитывается на период 28 лет. В настоящее время конденсаторы этой фирмы отлично зарекомендовали себя в составе входных и промежуточных фильтров с напряжениями до 600 В.

Питание пассажирских электропоездов осуществляется от высоковольтной контактной сети с номинальным напряжением 2200...4000 В и перенапряжениями до 9000 В в течение 0,02 с. Это обуславливает повышенные требования, предъявляемые к надёжности всех элементов силовой цепи и, конечно, их электрической изоляции.

Ранее в качестве элементов входного высоковольтного фильтра силовой цепи применялись отечественные бумажные, а затем и полипропиленовые конденсаторы. Высокое значение тангенса диэлектрических потерь, частые отказы, высоковольтные пробой, непостоянство качества от партии к партии и привели к необходимости поиска надёжной альтернативы. Промежуточные фильтры с напряжением порядка 700 В строились на последовательно-параллельном наборе электролитических конденсаторов. При этом огромное количество конденсаторов, выравнивающих резисторов, сложных механизмов крепления, сильноточных бе-



Рис. 1. Электролитические конденсаторы SIC-SAFCO



Рис. 2. Плёночные полипропиленовые конденсаторы типа LNK

зындуктивных шин плохо сказывалось не только на массогабаритных показателях устройства, но и, что самое главное, – на его цене.

После недолгих поисков решение было найдено. Благодаря пластиковому корпусу и удобным фланцевым креплениям полипропиленовых конденсаторов серии LNK (см. рис. 2) решена проблема электрической изоляции и крепления, единый корпус позволил отказаться от использования выравнивающих резисторов и дорогостоящих безындуктивных шин. Достоинств у серии LNK много: это и высокое рабочее напряжение (до 5 кВ) с возможностью безаварийной работы при удвоенном напряжении источника питания, и большие рабочие токи (до 300 А), что является следствием низкого значения эквивалентного последовательного сопротивления (до 0,14 мОм) и малой собственной индуктивности (менее 30 нГн). Благодаря этому стало возможным применение плёночных конденсаторов типа LNK в преобразовательных устройствах с IGBT на частотах до 50 кГц. Эти конденсаторы нашли широкое применение в силовых устройствах в составе входных высоковольтных фильтров (тип P4X), в качестве полумостовых конденсаторов (тип P2X, P7X и P8X) с высокой частотной и токовой нагрузкой, промежуточных фильтров инверторов напряжения и конденсаторов снабберных цепей (типы P1X и P6X). В практике автора за последние три года не отказал ни один из около 1500 установленных конденсаторов серии LNK.

Как уже упоминалось, при разработке мощных преобразовательных устройств необходимо учитывать значительные величины мощности рассеивания. Ранее в качестве зарядных/разрядных, а также снабберных сопротивлений применялись отечест-



Рис. 3. Резисторы компании ATE

венные резисторы различных серий. Главными недостатками этих элементов можно считать отсутствие безындуктивного исполнения, большие габариты, массу, сложность конструкции и проблемы с электрической изоляцией при установке на охладители. У плёночных резисторов компании ATE серий PR250, PR250T, PR100 (101, 102, 103) (см. рис. 3) эти недостатки отсутствуют. Резисторы имеют максимальную мощность рассеивания до 600 Вт (см. рис. 4) при незначительных габаритах. Высокое рабочее напряжение (до 5 кВ) и напряжение изоляции (до 12 кВ) наряду с широким температурным диапазоном (от  $-55^{\circ}\text{C}$  до  $155^{\circ}\text{C}$ ) делает эти резисторы наиболее подходящими для применения в преобразовательной технике широкого назначения. Для лучшего теплоотвода резисторы при помощи винтовых креплений можно установить на жидкостные или воздушные охладители (например, компании Austerlitz electronic). Для равномерной передачи тепла по всей площади соприкосновения элементов данной конструкции применяется специальная теплопроводящая паста. Плёночные резисторы ATE имеют достаточно широкий диапазон номинальных сопротивлений (от 0,01 Ом до 1 МОм). Плёночные резисторы серии PR250T и PR250 используются в качестве выравнивающих резисторов, снабберных сопротивлений с большими импульсными нагрузками, а также в цепях заряда/разряда.

Удачный выбор надёжных пассивных элементов ещё не означает успех всей разработки в целом. Решение проблемы отвода тепловой энергии от различных элементов силовой цепи (резисторов, конденсаторов, силовых полупроводников и т.д.) однозначно определяет массогабаритные характеристики устройства. К

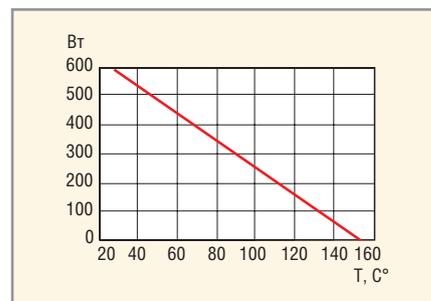


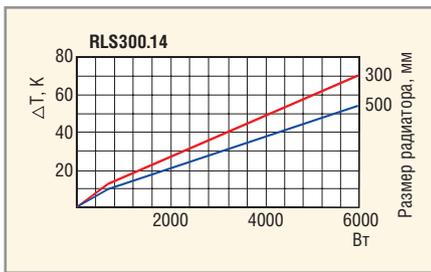
Рис. 4. Зависимость рассеиваемой мощности от температуры для резисторов PR250 и PR250T

сожалению, российская алюминиевая промышленность на сегодняшний день не обладает производственными и технологическими возможностями для достижения требуемого результата при всё возрастающих уровнях мощности.

Например, для тягового преобразователя электропоезда пригородного сообщения типа ЭМ2И было выбрано жидкостное охлаждение. Высокая мощность преобразования (до 800 кВт) и жёсткое требование по габаритам значительно усложняли задачу. Решение пришло неожиданно при просмотре каталога немецкого производителя систем охлаждения Austerlitz electronic. В номенклатуре комплектующих для систем жидкостного охлаждения нашлись разные исполнения для различных применений и активных сред: это и серия WK с алюминиевым каналом  $\varnothing 10,5$  мм, серия FK с медным каналом  $\varnothing 8,5$  мм и, наконец, серия VK с каналом из



Рис. 5. Применение новых технологий в преобразовательной технике



**Рис. 6. Зависимость прироста температуры от мощности потерь для радиаторов размером 300 и 500 мм со встроенным вентилятором**

нержавеющей стали  $\varnothing 8,5$  мм. Выбор пал на алюминиевый канал, поскольку требовалась большая охлаждающая способность. Дальнейшая работа была проста: выбирали из каталога и заказывали отдельные части, а затем просто монтировали их друг с другом.

Сегодня на электропоездах работают более 150 тяговых преобразователей с жидкостным охлаждением (см.

рис. 5). Преимущество высоких технологий использовано нами и при проектировании высоковольтного статического преобразователя для питания потребителей электропоезда (преобразователя собственных нужд). Применяемые высокоэффективные экструдированные профили типа KS200.25, KS250.16, KS300.14 в сочетании со встроенным вентилятором позволили значительно упростить, уменьшить и удешевить конструкцию. При относительно небольших размерах радиатора (300 мм) с него удаётся снять порядка 4000 Вт избыточного тепла, что соответствует 80...100 кВт преобразуемой мощности (см. рис. 6). Получение сертификата с литерой «А» на серийное производство подтверждает правильность сделанного выбора.

В заключение хочется ещё раз обратить внимание, что применение представленной современной эле-

ментной базы в области преобразования электроэнергии позволило разработать, сертифицировать и запустить в серийное производство различные типы транспортных электротехнических комплексов, которые воплощают в жизнь программы по модернизации подвижного состава и внедрению энергосберегающих технологий.

## ЛИТЕРАТУРА:

1. Ашев И.И. Справочник по электротехнике и электрооборудованию. Ростов н/Д: Феникс, 2004.
2. Электропоезда постоянного тока с импульсными преобразователями. Под ред. В.Е. Розенфельда. М.: Транспорт, 1976.
3. Hauptkatalog «Austerlitz Electronic GmbH».
4. Katalog «Fixed power wirewound resistor ATE electronics».
5. Catalogue «Condensateurs electrolytiques aluminium SIC-SAFCO».
6. <http://www.powersmartsystems.ru>. ©

## Новости мира News of the World Новости мира

### Батарейка из Австралии для ноутбуков и мобильных

Исследователи университета Восточного Сиднея работают над новыми элементами питания. По словам специалистов, разрабатываемые батареи будут обладать много большей ёмкостью, чем сегодняшние гальванические элементы; главное предназначение инновационных разработок — использование в мобильных телефонах и ноутбуках. Примечательно то, что с топливными элементами проводимое исследование не имеет ничего общего.

Команда надеется создать высокоэффективную углеродную ячейку, сравнимую с силиконовыми, но по размерам в 1000 раз меньше. Руководитель проекта, стартовавшего 18 месяцев назад, Камали Каннагара (Kamali Kannangara) сообщила, что цель команды — разработать метод создания углеродных солнечных батарей из углеродных нанотрубок. Исследователи соединят фотоэлектрические ферроценовые молекулы и углеродные производные, используя микроволновую энергию.

На создание новых элементов питания должна уйти ещё как минимум пара лет, — также упомянула Камали. Кроме батарей, исследователи планируют разработать и компактные солнечные элементы. Проект спонсируется австралийским исследовательским центром наноматериалов. Остаётся только пожелать учёным удачи.

<http://3dnews.ru>



### Плёнки с магнитным покрытием для RFID-приложений

Компания Alps Electric Europa предлагает серию HMLSR тонких плёнок с магнитным покрытием для RFID-приложений (Radio Frequency Identification). Продукты базируются на металлокерамическом порошке из так называемого ликваллоя и применяются в RFID-приложениях для повышения чувствительности антенны. Магнитные плёнки являются гибкими и используют высокую проникаемость ликваллоя. Размеры их составляют в стандартном варианте 150 × 180 мм и максимум — 180 × 300 мм при толщине 0,05, 0,10, 0,20 или 0,50 мм. Плёнки работают в частотном диапазоне 13,56 МГц. Диапазон рабочих температур от -45 до +130°C.

<http://www.ru.channel-e.de>

### Новинка по технологии OLED

Компания One Stop Displays (OSD), специализирующаяся на разработке перспек-

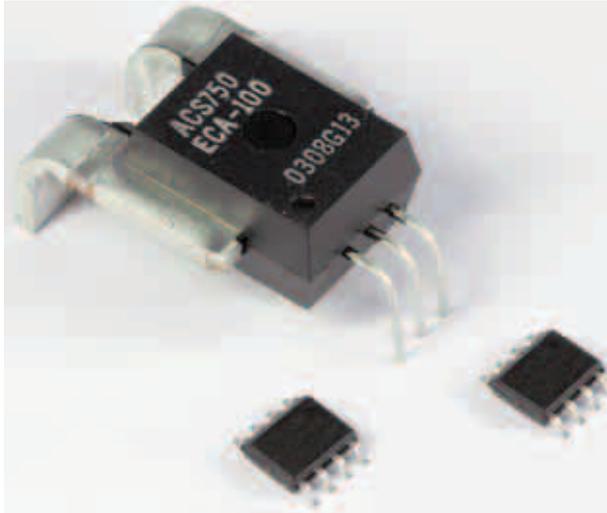


тивных технологий для дисплеев (в активе компании — конструкции на базе тонкопленочных транзисторов (TFT), органических светодиодов (Organic LED, OLED), светодиодов из органических полимеров (Polymer Organic LED, pLED)), начала выпуск инженерных образцов нового изделия — OSDC150-262k-CON.

Новинка выполнена по технологии OLED. По утверждению разработчиков, яркость дисплея составляет 130 кандел на квадратный сантиметр. Размер экрана — 1,5 дюйма (38 мм) по диагонали. Матрица имеет квадратную форму и состоит из 128 × 128 пикселей. Дисплей способен отобразить 262 000 цветов (глубина представления 18 бит/пиксель). Компактные размеры (36 × 36 × 1,6 мм) и возможность показа полноцветных изображений указывают на области возможного применения новинки: идентификационные карточки, пропуска, портативные видео- и аудиоустройства.

<http://www.ixbt.com>

# Датчики тока на эффекте Холла



## ОСНОВНЫЕ ДОСТОИНСТВА

- Диапазон измеряемых токов  $\pm 5... \pm 200\text{A}$
- Сверхнизкое сопротивление токовой шины
- Хорошая линейность
- Полоса частот до 50 кГц
- Промышленный диапазон температур  $-40... +85\text{ }^\circ\text{C}$
- Напряжение изоляции до 3 кВ

## Области применения

- Источники вторичного электропитания
- Корректоры коэффициента мощности
- Автоэлектроника
- Системы промышленной автоматики
- Бытовая электроника

## Параметры датчиков тока Allegro

Наименование	Диапазон измеряемых токов (А)	Чувствительность (мВ/А)	Полоса рабочих частот (КГц)	Корпус
ACS704-005	$\pm 5$	133	50	
ACS704-015	$\pm 15$	100		
ACS752-050	$\pm 50$	40		
ACS752-100	$\pm 100$	20	35	
ACS754-050	$\pm 50$	40		
ACS754-100	$\pm 100$	20		
ACS754-130	$\pm 130$	14,2		
ACS754-150	$\pm 150$	13,3		
ACS754-200	$\pm 200$	10		

## Конструкция датчиков тока Allegro

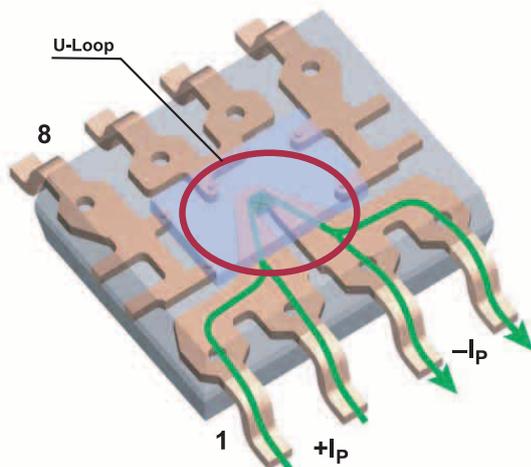
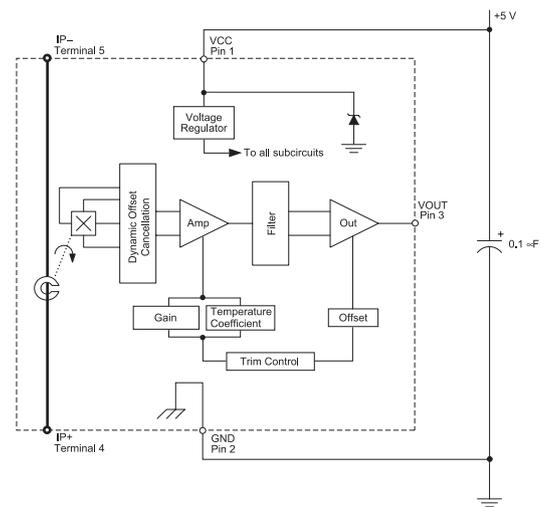
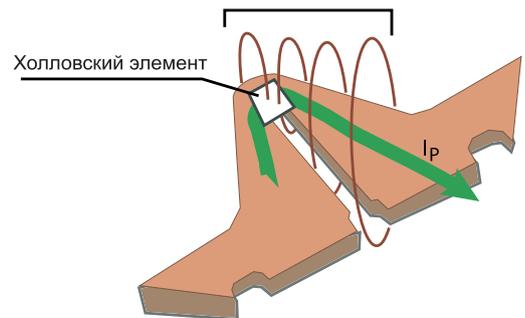


Схема протекания тока в датчике ACS704 и конструкция токовой шины

Магнитный поток, порождаемый протекающим в шине током



Конструкция токовой шины и элемент Холла в датчике ACS704