

Обеспечение соответствия

железнодорожному стандарту EN50155

Новое семейство DC/DC-преобразователей RPR компании RECOM предназначено для применения на подвижном составе и в путевом хозяйстве железных дорог. Эти новые устройства с КПД более 89% выпускаются в модификациях на номинальную мощность 20, 30, 40 и 50 Вт.

**Стив Робертс
(Steve Roberts)**

«Ich verstehe nur Bahnhof» — распространенное в немецком языке выражение, которое буквально переводится как «я понимаю только слово “вокзал”», а по смыслу означает «это все для меня китайская грамота». Признаться, именно такая мысль приходит в голову, когда начнешь читать текст европейского стандарта EN50155: Railway applications — Electronic equipment used on rolling stock («Железные дороги. Электронное оборудование, применяемое на подвижном составе»). Вообще-то EN50155 принадлежит к числу немногих хорошо написанных стандартов EN, являясь

одновременно точным и всеобъемлющим. Но цена этой ясности — многослойная структура, отсылающая ко множеству других стандартов (которых в общей сложности 36). Данная статья является попыткой показать, что скрывается под некоторыми из этих слоев и какие технические требования к источнику питания вытекают на практике из EN50155.

Первый раздел стандарта, после традиционного введения, определяющего область действия и термины, посвящен условиям эксплуатации и в первую очередь температуре окружающего воздуха. Цифры



удивительно скромны по сравнению с типовыми промышленными требованиями к диапазону рабочих температур ($-40...+85\text{ }^{\circ}\text{C}$): работоспособность в этом диапазоне требуется только от передающих компонентов высшей категории, да и то в течение всего 10 мин. на этапе запуска. С другой стороны, ожидать многолетней надежной работы от электронного оборудования подвижного состава можно только в благоприятном «климате». На практике диапазон рабочих температур при проектировании источника питания означает три вещи: во-первых, он должен работать с высоким КПД (85% и более), чтобы снизить потери мощности на тепловыделение; во-вторых, КПД должен оставаться практически постоянным в широком диапазоне входных напряжений и токов нагрузки; в-третьих, обычно требуется охлаждение в том или ином виде (например, посредством радиатора или теплопроводящего основания).

Требования же к ударо- и вибростойкости, наоборот, чрезвычайно жестки, как и следует ожидать в суровых условиях эксплуатации на подвижном составе. Эти требования настолько подробны, что их сочли целесообразным выделить в самостоятельный стандарт EN 61373: Railway Applications — Rolling stock equipment — Shock and vibration tests («Железные дороги. Оборудование подвижного состава. Ударные и вибрационные испытания»), единственное назначение которого — изложение методики проведения испытаний на соответствие стандарту EN50155. Требования к ударо- и вибростойкости разбиты на три категории по возрастанию жесткости: для кузовного монтажа (классы А и В), монтажа на тележке и монтажа на оси колесной пары. Требования к оборудованию, монтируемому на оси, поражают воображение (до 30 г в течение 5 ч при ударных нагрузках до 1 км/с), в то время как нормы для кузовного монтажа более гуманны (вибрация ниже 1 г, ударные нагрузки 5 г). Поскольку почти все источники питания монтируются в кузове железнодорожного вагона, соответствие требованиям ударо- и вибростойкости не представляет большой проблемы — помимо резонансов на собственных частотах компонентов и ненадежного механического крепления. Ясно, что чем меньше и легче источник питания, тем выше его ударо- и вибростойкость.

В следующем разделе стандарта EN50155 устанавливаются требования к питающему напряжению. Номинальные входные напряжения — 24, 48, 72, 96 и 110 В постоянного тока, из которых наиболее часто используются 24, 48 и 110 В. Нередко также просят обеспечить напряжение 36 В, хотя оно и не упомянуто в стандарте. Стандарт устанавливает диапазон входных напряжений для непрерывной работы в пределах от 0,7 до 1,25 к номиналу с допустимыми кратковременными флуктуациями в пределах от 0,6 до 1,4 к номиналу. На практике источники питания должны непрерывно работать в диапазоне входных напряжений от 0,6 до 1,4 к номиналу — «отклонения в работе» не допускаются.

Таблица. Диапазоны входных напряжений

Номинальное входное напряжение U_n , В	Минимум $0,6 U_n$, В	Максимум $1,4 U_n$, В	Диапазон 4:1, В
24	14,4	33,6	10–40
36	21,6	50,4	18–72
48	28,8	67,2	18–72
72	43,2	100,8	40–160
96	57,6	134,4	40–160
110	66	154	40–160

Диапазоны входных напряжений представлены в таблице.

Простое практическое правило при проектировании DC/DC-преобразователей состоит в том, что диапазон входных напряжений 4:1 — это практический потолок для большинства типовых конструкций. Таким образом, на все номинальные входные напряжения достаточно будет всего трех стандартных преобразователей (таблица, столбец 4). Существуют специальные DC/DC-преобразователи, охватывающие весь диапазон 11:1. Такая универсальная конструкция представляется привлекательной, но дело в том, что необходимо обеспечить поддержание высокого КПД во всем диапазоне входных напряжений. Применение трех взаимозаменяемых преобразователей вместо одного может оказаться более удачным решением в смысле надежности, КПД и компактности. В заключение стоит упомянуть о том, что стандарт EN50155 заменяет собой французский железнодорожный стандарт NFF01-150, но для целей обратной совместимости иногда просят обеспечить максимальное входное напряжение в 1,6 к номиналу (176 В для источников на номинальное напряжение 110 В постоянного тока) по старому стандарту NFF.

Требования к входному напряжению включают в себя среди прочего требование устойчивости к прерываниям напряжения электропитания. Класс S2 требует от источника питания сохранять выходное напряжение на время 10-мс прерывания входного напряжения. Осуществить это при длительности прерывания 10 мс можно только с помощью конденсаторов, заряжаемых входным напряжением. Потребную емкость [Ф] входного конденсатора можно рассчитать по следующей формуле:

$$C = \frac{20 \times P \times t}{\text{КПД} \times (U_{\text{ном}}^2 - U_{\text{мин}}^2)},$$

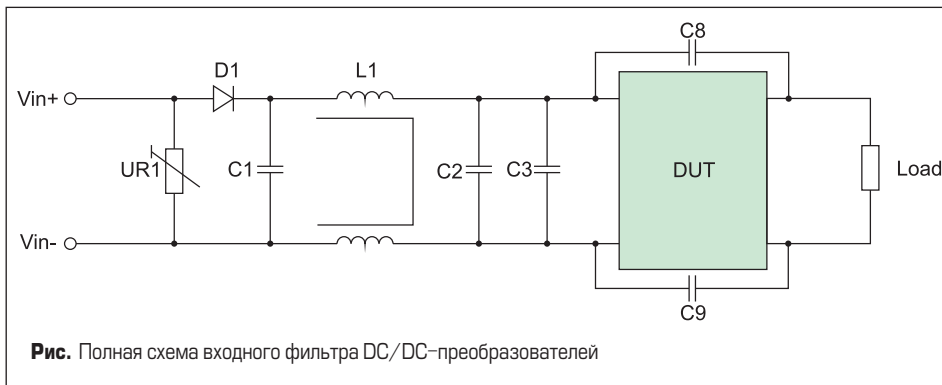
где P — мощность [Вт], t — время [с].

Например, в случае преобразователя мощностью 50 Вт с КПД 88%, питающегося номинальным напряжением 48 В при минимуме 18 В, емкость входного конденсатора для бесперебойной работы при прерывании напряжения на 10 мс будет равна

$$C = \frac{20 \times 50 \times 0,01}{88 \times (48^2 - 18^2)} \approx 58 \text{ [мкФ]}.$$

Еще одно преимущество входного конденсатора — сглаживание пульсаций входного напряжения. Согласно EN50155, источник питания должен обеспечивать заданные характеристики при уровне пульсаций постоянного тока до 15% к номиналу, но помимо этого стандарт требует обеспечить ту или иную защиту от переплюсовки. Обычно такая защита реализуется в виде последовательно включенного диода на входе, а диод в сочетании с конденсатором будут автоматически сглаживать основную часть пульсаций. Необходимо учесть пиковые токи через диод, а также позаботиться о том, чтобы пусковой ток при заряде конденсаторов не приводил к срабатыванию входных предохранителей или устройств токовой защиты.

Крайним примером многослойности структуры EN50155 является раздел, касающийся электромагнитной совместимости и устойчивости к перенапряжениям, электростатическим разрядам и переходным процессам. Этим вопросам посвящено всего два коротких предложения, которые отсылают к другому стандарту под названием EN50121-3-2: Railway Applications — Electromagnetic compatibility. Part 3-2: Rolling Stock — Apparatus («Железные дороги. Совместимость технических средств электромагнитная. Часть 3-2. Подвижной состав. Аппаратура»). Дело в том, что хотя стандарт EN50121-3-2 насчитывает всего 20 страниц, он содержит в себе большое количество отсылок к общим промышленным стандартам EN55011 и EN61000-4-2, 3, 4, 5 и 6. И вот тут открывается настоящая бездна. Для преобразователей компании RECOM, сертифицированных по железнодорожным стандартам, объем протокола испытаний по одному только стандарту EN50121-3-2 составил 176 страниц. Преобразователи без проблем работали при установленных стандартом EN50155 параметрах постоянного входного напряжения, но чтобы соблюсти требования устойчивости к переходным процессам и электростатическим разрядам, инженерам пришлось установить дополнительные ограничители переходных напряжений и входные конденсаторы, чтобы справиться с перенапряжениями и выбросами. Полная схема входного фильтра DC/DC-преобразователей RECOM приведена на рисунке. Для приведения в соответствие стандарту источников питания других производителей может потребоваться более сложный или даже активный фильтр.



Эксплуатационные характеристики и надежность подвижного состава железных дорог — вопрос первостепенной важности. Они зависят от качества бортового электронного оборудования в той же мере, что и от качества любых других компонентов. В целях улучшения проектирования стандарт EN50155 задает требования к управлению качеством (система качества производителя оборудования должна быть сертифицирована по стандарту ISO 9001) и средствам безопасности, таким как защита от короткого замыкания и блокировка при пониженном напряжении питания. Эти средства и так являются практически стандартными в большинстве промышленных источников питания, но EN50155 устанавливает другие необязательные (прикладные) требования, касающиеся конструкции,

проводки, соединителей, компоновки и материалов, а также контрольные перечни для документации на аппаратное и программное обеспечение.

Заключительный раздел стандарта EN50155 содержит полезный контрольный список всех необязательных типовых испытаний с описанием методики выполнения или ссылкой на другой стандарт, в котором описывается соответствующее испытание и устанавливаются критерии его прохождения. Обязательными являются: визуальный контроль; определение технических характеристик; испытание на холод (минимальная рабочая температура в течение 2 ч); испытание на сухое тепло (максимальная рабочая температура в течение 6 ч); проверка работы во всем диапазоне входных напряжений; испытания на устой-

чивость к перенапряжениям, электростатическим разрядам и переходным процессам; испытание электрической изоляции; вибрационные и ударные испытания. К необязательным (подлежащим согласованию с конечным заказчиком) относятся циклические испытания на влажное тепло (обычно требуются), испытания на водонепроницаемость (в зависимости от конечного применения), производственные отбраковочные испытания и испытания на хранение при низкой температуре ($-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 16 ч). Как ни странно, испытания на ЭМС тоже заявлены как необязательные, но поскольку все источники питания должны иметь маркировку CE, в действительности они также обязательны. Из перечисленных тестов только визуальный контроль, определение технических характеристики и испытания электрической изоляции должны производиться для каждой партии продукции.

Подводя итог, можно сказать, что EN50155 — это стандарт, который нужно прочесть с десяток раз, чтобы ухватить все нюансы и неявные отсылки к другим стандартам. Но в такой ответственной области применения, как подвижной состав, необходимо тщательное управление производственными процессами, чтобы обеспечить единообразие эксплуатационных характеристик. Весь этот процесс требует отдачи и целеустремленности, но зато потом вы сможете сказать: «Мне нипочем эта ваша китайская грамота!».