

# Сертификация источников питания Rescom для железнодорожного транспорта и систем безопасности на транспорте

Александр ЛЕОНОВ  
alm@efo.ru

От правильных характеристик источников питания зависит надежность всего электронного оборудования на железнодорожном транспорте и в транспортных системах безопасности. В статье рассмотрены основные требования стандартов, на которые следует ориентироваться разработчикам при применении источников питания в данной области, а также приведены примеры устройств Rescom, имеющих необходимую сертификацию.

## Введение

В Европе эффективность электронного оборудования для железнодорожного транспорта регулируется двумя международными стандартами. Наиболее часто упоминаемым в технических требованиях к проектированию является документ IEC571 «Электронное оборудование на железнодорожных транспортных средствах», также известный как европейская норма EN50155 «Электронное оборудование, используемое на подвижном составе». В Великобритании применяется стандарт RIA12 «Общие положения спецификации для защиты тягового и подвижного оборудования от переходных процессов и перенапряжений в системах питания постоянного тока», разработанный Ассоциацией железнодорожной промышленности (RIA). В России тоже действует серия стандартов и технических регламентов, аналогичных европейским.

Все эти стандарты во многом схожи, поскольку разработаны на основе уже действующих отечественных и зарубежных законов,

нормативных документов и научных исследований для обеспечения качественного уровня безопасности на железнодорожном транспорте. Этим стандартам должны соответствовать и применяемые источники питания, поскольку от них во многом зависит стабильность работы всего оборудования, надежность и безопасность на железнодорожных транспортных средствах.

## Источники питания, сертифицированные по EN50155

Источников питания, имеющих сертификат EN50155, существует не так уж много, а компаний, их выпускающих, — еще меньше. Компания Rescom — один из таких производителей, в чьей линейке продукции есть целое семейство специализированных источников питания для железнодорожного применения с выходной мощностью 8–240 Вт (рис. 1, табл. 1).

Но чем же упомянутые источники питания отличаются от других подобных преобразователей? Рассмотрим требования, которым должен удовлетворять искомый источник питания.

## Диапазон рабочего напряжения

Основным из них является работа в широком диапазоне напряжений. Оборудование, питаемое без стабилизатора напряжения, должно нормально функционировать в пределах сетевых напряжений  $0,7-1,25(U_{ном})$ , а также выдерживать падение напряжения на входе  $0,6(U_{ном})$  в течение 100 мс и броски перенапряжения  $1,4(U_{ном})$  до 1 с, которые могут возникать во время запуска.

В таблице 2 приведены номинальные значения напряжения ( $U_{ном}$ ) и диапазоны напряжения в сетях питания на железнодорожном транспорте.

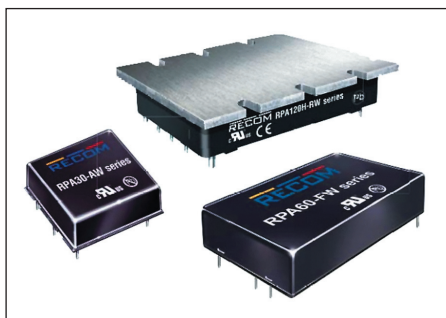


Рис. 1. Преобразователи Rescom

Таблица 1. Модули питания компании Rescom, прошедшие сертификацию по EN50155

Мощность, Вт	Корпус	Выходы	24 В (9–36 В DC)	48 В (18–75 В DC)	110 В DC (40–160 В DC)
8	2×1"	1 и 2	RP08-24xxW	RP08-48xxW	RP08-110xxW
20	2×1"	1 и 2	RP20-24xxFR	RP20-48xxFR	RP20-110xxFR
	1×1"	1 и 2	RPA20-24xxAW		
30	1×1"	1 и 2	RPA30-24xxAW		
	2×1,6" теплоотвод	1			RPR30-110xx-B
40	2×1"	1 и 2	RP40-24xxFR	RP40-48xxFR	RP40-110xxFR
50	2×1,6" теплоотвод	1			RPR50-110xx-B
60	2×1"	1	RPA60-24xxSFW		
75	1/2 Brick теплоотвод	1	RP75H-24xxSRW	RP75H-48xxSRW	RP75H-110xxSRW
90	1/2 Brick теплоотвод	1	RP90Q-24xxSRW	RP90Q-48xxSRW	RP90Q-110xxSRW
100	1/2 Brick теплоотвод	1	RP100H-24xxSRW	RP100H-48xxSRW	RP100H-110xxSRW
120	1/2 Brick теплоотвод	1			RPA120H-110xxSRW
	1/2 Brick теплоотвод	1	RP120Q-24xxSRW	RP120Q-48xxSRW	RP120Q-110xxSRW
180	1/2 Brick теплоотвод	1	RP180H-24xxSRW	RP180H-48xxSRW	RP180H-110xxSRW
240	1/2 Brick теплоотвод	1	RP240H-24xxSRW	RP240H-48xxSRW	RP240H-110xxSRW

Все модули питания Rescom имеют входной диапазон 4:1, который отвечает требованиям стандарта, обеспечивая полную работоспособность, КПД, мощность и стабильность выходного напряжения. Это особенно сложно реализовать на границах рабочего диапазона в сетях 110 В.

### Защита от перенапряжений

Стандарт RIA12 фактически соответствует EN50155, но имеет отдельные, более жесткие требования по перенапряжениям. В стандарте RIA12 указано, что оборудование должно выдерживать скачки напряжения в течение 20 мс амплитудой в 3,5 раза больше, чем входное номинальное напряжение (табл. 3). Чтобы соответствовать этому стандарту, источникам питания, не выдерживающим подобные скачки во входной сети, необходима внешняя схема защиты (рис. 2).

**Таблица 2.** Диапазоны входных сетей по EN50155 и параметры DC/DC-преобразователей Rescom

Номинальное значение входного напряжения (U <sub>ном</sub> ), В	Входной диапазон 0,7–1,25 (U <sub>ном</sub> ), В	Просадка напряжения (100 мс) 0,6 (U <sub>ном</sub> ), В	Перенапряжение (100 мс/1 с) 1,4 (U <sub>ном</sub> ), В	Rescom DC/DC-преобразователи. Входной диапазон, В
24	17–30	14	34	9–36
36	25–45	22	61	18–75
48	34–60	29	67	
72	50–90	43	101	40–160
96	67–120	58	135	
110	77–137	66	154	

Однако некоторые модули Rescom, прошедшие сертификацию и полностью соответствующие EN50155, также отвечают стандарту RIA12 (табл. 3) по альтернативному тесту в 1,5×U<sub>ном</sub> длительностью 1 с и, следовательно, имеют довольно существенный запас по надежности.

При бросках напряжения длительностью 20 мс и больше источники питания все же следует защищать внешними схемами. Одного варистора, прекрасно работающего при микросекундных импульсах, здесь недо-

статочно. А поскольку импеданс источника для данного импульса составляет всего 0,2 Ом, устройство не обеспечит нужной защиты, так как рассеиваемая энергия будет существенно выше:

$$E = (3,5V_{in} - V_{tvs})/R_S \times V_{tvs} \times t_s$$

$$E = (385 \text{ В} - 160 \text{ В})/0,2 \times 160 \text{ В} \times 0,02 \text{ с} = 3600 \text{ Дж.}$$

Поэтому необходима активная схема, пример которой приведен на рис. 2.

Результаты работы данной схемы для двух наиболее распространенных сетей питания 48 и 110 В при мощности DC/DC-преобразователя в 150 Вт приведены на рис. 3.

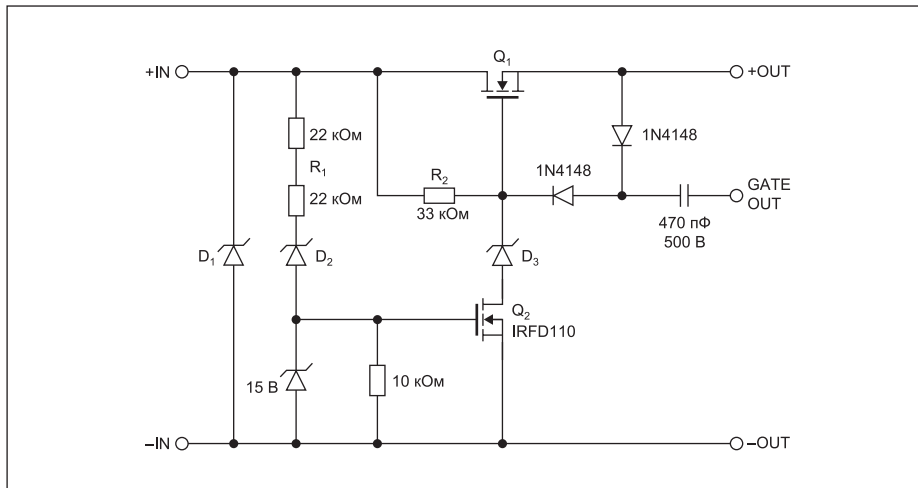


Рис. 2. Активная схема защиты от скачков напряжения

**Таблица 3.** Значения максимальных входных перенапряжений для входных сетей по стандарту RIA-12

Входное напряжение	RIA-12 (20 мс)	Альтернативный RIA-12 (1 с)	Перенапряжение модулей Rescom без потери работоспособности
U <sub>ном</sub> В	3,5×U <sub>ном</sub> В	1,5×U <sub>ном</sub> В	(1,8–2,08)×U <sub>ном</sub> В
24	84	36	до 50
36	126	54	до 100
48	168	72	до 185
72	252	108	
96	336	144	
110	385	165	

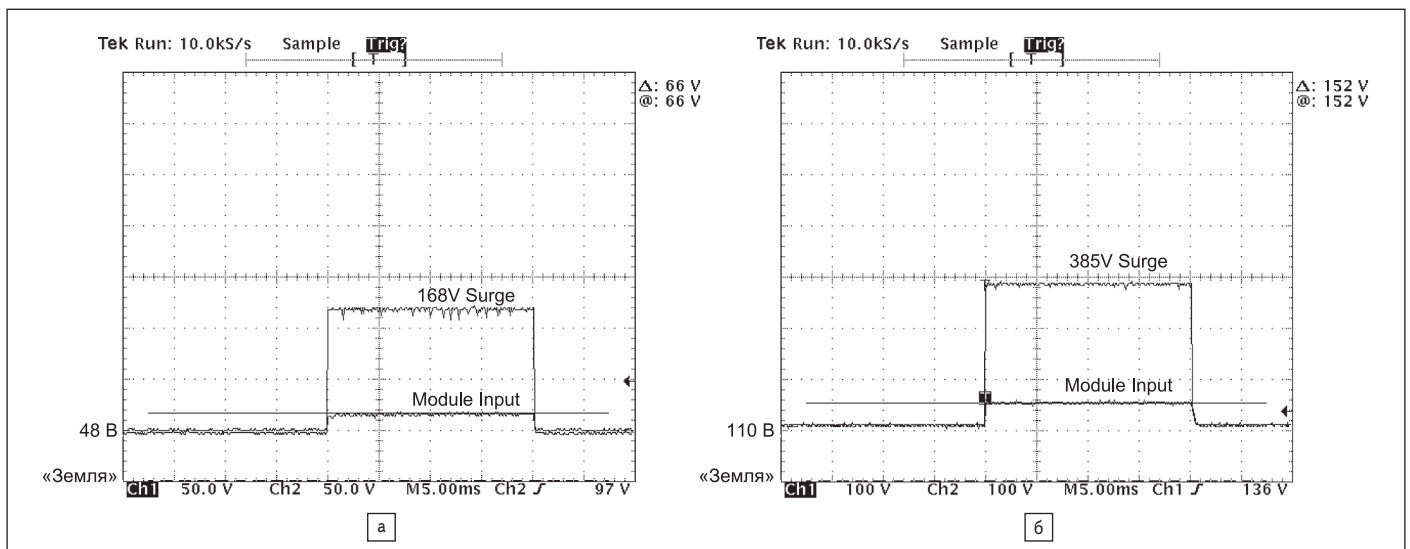


Рис. 3. Результаты работы схемы, приведенной на рис. 2: а) для входной сети 48 В (перенапряжение 168 В); б) для входной сети 110 В (перенапряжение 385 В). Переходный процесс длительностью 20 мс ограничивается верхним пределом рабочего диапазона DC/DC-преобразователя

Таблица 4. Температурные классы стандартов для железнодорожного применения

Температурные классы	Температура вне транспортного средства, °С	Температура в шкафу, °С	Перегрев в течение 10 мин, °С	Температура среды вокруг платы, °С
T1	-25...+40	-25...+55	+15	-25...+70
T2	-40...+35	-40...+55	+15	-40...+70
T3	-25...+45	-25...+70	+15	-25...+85
TX	-40...+50	-40...+70	+15	-40...+85

### Диапазон рабочих температур

Еще один важный параметр — рабочий температурный диапазон. Он делится на четыре класса в соответствии с требованиями к окружающей среде (табл. 4). Источники питания должны работать во всех классах, сохраняя свои расчетные параметры, что также становится непростой задачей.

По результатам температурных испытаний модули Rescom показывают полное соответствие стандартам, при этом вся серия разработана для условий эксплуатации даже более жестких, чем предусматривают стандарты EN50155, и полностью удовлетворяет классу TX (рис. 4). Рабочие температуры модулей питания составляют  $-40...+101$  °С с температурой хранения  $-55...+125$  °С.

На практике диапазон рабочих температур характеризует три особенности конструкции источника питания. Во-первых, эффективность его работы (КПД, достигающий у модулей Rescom 93%, рис. 5). Во-вторых, КПД должен оставаться постоянным в широком диапазоне входного напряжения и нагрузки (рис. 6). В-третьих, эффективность работы преобразователя при высоких температурах напрямую зависит от расчета и реализации теплоотвода. Тепловое сопротивление модулей при недостаточном отводе избыточного тепла будет расти вместе с перегревом, но при хорошем теплоотводе тепловые характеристики модуля можно существенно расширить, понизив потерю мощности.

Источники питания Rescom серий RP и RPA прошли тесты на ускоренное старение. Данные МТБФ, приведенные в документации, учитывают различные скачки напряжения, удары и вибрации, а также перегрев. Все это продиктовано методикой расчета МТБФ по стандарту MIL-HDBK-217F и является приближенным к реальным условиям эксплуатации. МТБФ источников питания Rescom достигает 2,8 млн ч.

### Вибрации и удары

В стандарте EN50155 указано, что электронное оборудование, прикрепленное к раме транспортного средства, должно выдерживать

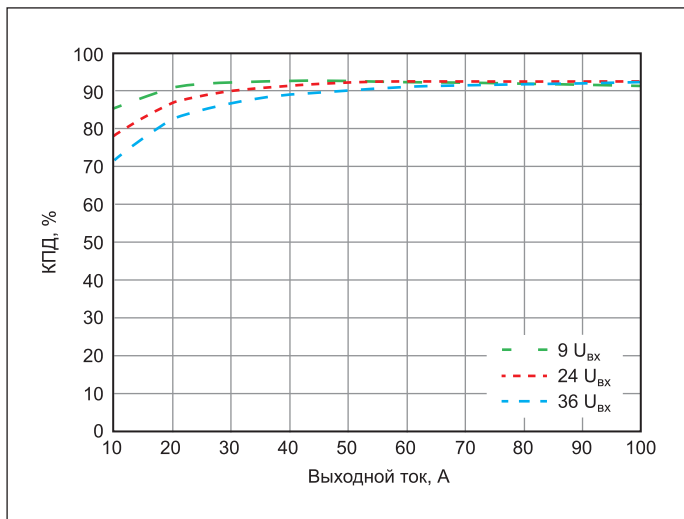


Рис. 5. КПД преобразователя в зависимости от нагрузки

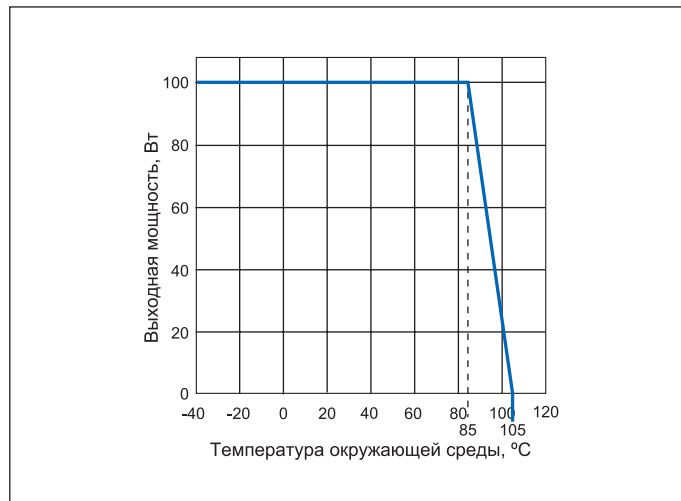


Рис. 4. Рабочий температурный диапазон модулей Rescom

вибрацию по всем трем осям с уровнями в диапазоне частот 5–150 Гц, частотой среза 8,2 Гц, амплитудой смещения (ниже частоты среза) 7,5 мм, амплитудой ускорения (выше частоты среза) 20 м/с<sup>2</sup> и другими перегрузками. Требования хорошо детализированы и изложены в отдельном стандарте EN 61373, поясняющем, как следует проводить тесты, чтобы выполнить нормативы EN50155.

Поскольку почти все источники питания будут установлены на корпус в вагонах, соблюдение стандартов не станет проблемой, пока один из компонентов не попадет в резонанс, что маловероятно, особенно при жестком монтаже модулей через алюминиевое основание.

Вся продукция Rescom не только тестировалась на соответствие EN61373, но и прошла испытания по более жесткому военному стандарту MIL-STD-810F и подходит для применения в авионике, где тоже используются бортовые сети с номинальным напряжением 110 В.

### Электромагнитная совместимость

Стандарты по ЭМС также предусмотрены в EN50155 отдельным пунктом и описывают скачки напряжения и переходные процессы. Сам стандарт отмечает эти моменты очень кратко, ссылаясь на другой стандарт под названием EN50121-3-2: ЖД ЭМС. Затруднение в том, что стандарт EN50121-3-2 в значительной степени требует пояснений от общих отраслевых стандартов EN55011 и EN61000-4-2, 3, 4, 5 и 6, разрастаясь в итоге с 20 до 176 страниц, как и ГОСТ EN 50293-2012.

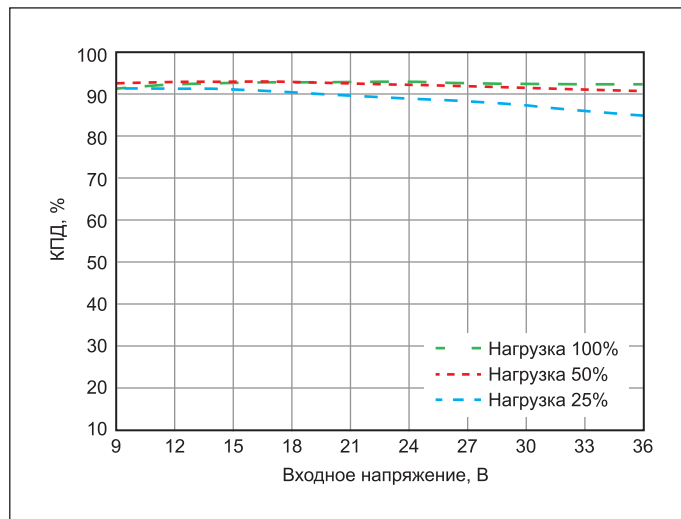


Рис. 6. КПД преобразователя в зависимости от входного напряжения

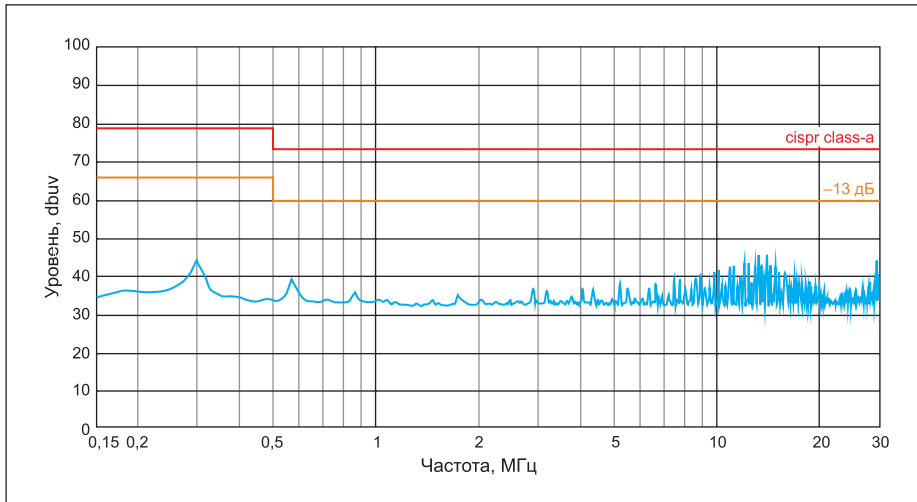


Рис. 7. Спектр гармоник DC/DC-преобразователя соответствует EN55022 класс A

Для обеспечения требований этих стандартов (рис. 7) компания Resom выполнила необходимые расчеты для своих DC/DC-преобразователей. Все схемы входных фильтров (рис. 8) приведены в документации со списком необходимых компонентов, при этом фильтры протестированы и подобраны для обеспечения наилучших параметров работы модулей питания. Достижение соответствия стандарту по ЭМС для блоков питания других производителей может потребовать наличия более сложного пассивного или даже активного фильтра.

### Соответствие стандартов ЕС и РФ

Несмотря на приемлемые технические параметры, вопрос о применимости источников питания Resom в РФ остается открытым. Для обеспечения безопасности на железнодорожных транспортных средствах при написании стандартов в РФ, как и в других странах, используется мировой опыт и международные исследования. То есть все стандарты, по сути, дублируют друг друга, расширяясь с учетом местной специфики

и уровня развития электроники. Поэтому основными принципами формирования технического регламента в России являются:

- неухудшение уровня безопасности на железнодорожном транспорте;
- преимущество по отношению к действующей системе технического регулирования на железнодорожном транспорте;
- гармонизация с требованиями, установленными в международных и европейских стандартах.

Требования технического регламента задаются таким образом, чтобы при реализации обеспечить необходимый уровень безопасности на стадиях проектирования, производства и модернизации железнодорожного подвижного состава. В то же время создаются условия, исключающие излишние барьеры для экономической деятельности и снижения давления на бизнес.

Словом, действует принцип презумпции соответствия, согласно которому выполнение конкретных требований гармонизированных национальных стандартов считается соблюдением требований технического регламента.

Все это позволяет обеспечить внедрение новой техники и технологии, что является серьезным шагом на пути инновационного развития, способствует снижению затрат на проведение подтверждения соответствия стандартам и позволяет производить надежную и конкурентную продукцию как для внутреннего рынка, так и в экспортном варианте. Поэтому российские ГОСТы всегда содержат ссылку на международный стандарт, но так как большинство стандартов составные, найти все соответствия довольно сложно.

Для примера можно привести идентичные стандарты ГОСТ Р 54434-2011 и EN61373 (удары и вибрации) и их отдельные части, а именно ГОСТ 33323-2015 (преобразователи полупроводниковые силовые для железнодорожного подвижного состава), являющийся прямым аналогом директивы IEC 61287-1. При этом есть составные стандарты, требующие пояснений. Так, для применения стандарта ГОСТ EN 50293-2012 (ЭМС) необходимы следующие ссылочные стандарты, прописанные в EN 50556; EN 55014; EN 55022; EN 61000 и других нормативных документах.

### Заключение

В статье кратко упомянуты основные требования железнодорожных стандартов и рассказано, на что разработчиком следует обратить внимание при применении источников питания. Ведь именно от их характеристик зависит надежность всего электронного оборудования.

Следует отметить, что благодаря гармонизации требований с международными стандартами упрощаются и расширяются возможности при использовании источников питания и различных электронных компонентов. При этом наличие сертификации EN50155 гарантирует соблюдение большинства норм и технических регламентов, принятых на железнодорожном транспорте в России. И именно благодаря тому, что EN50155 является сложным составным стандартом, разработчики могут уделить больше времени созданию

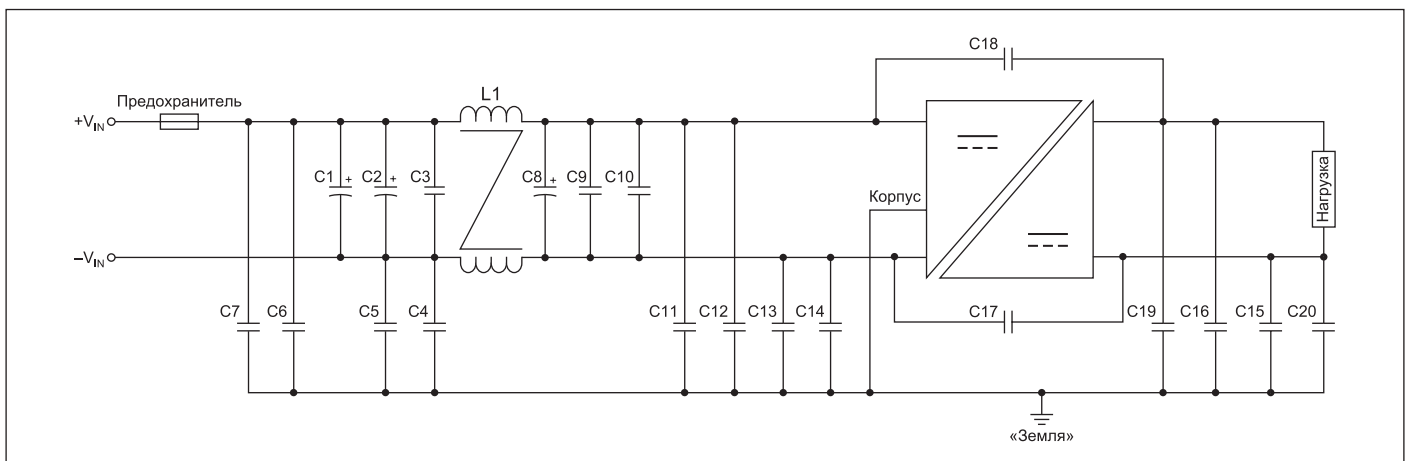


Рис. 8. Входной ЭМИ-фильтр для DC/DC-преобразователя с входной сетью 110 В

остальных узлов и систем подвижного состава, сделав их более безопасными и надежными, не затрачивая время на проектирование специализированных источников питания, соответствующих требованиям EN50155. Ведь разработка таких источников питания, отвечающих всем техническим регламентам, — непростая задача, которая еще больше усложняется с увеличением выходной мощности источника. При этом, как правило, необходимо иметь целую линейку источников разной мощности, сертифицированных для различ-

ных применений, — как у компании Recom, чья продукция приведена в статье в качестве примера и применяется партнерами Recom, такими как Siemens и его подразделения. ■

### Литература

1. ГОСТ Р 54434-2011 «Оборудование железнодорожного подвижного состава. Испытания на удар и вибрацию».
2. ГОСТ 33323-2015 «Преобразователи полупроводниковые силовые для железнодорожного

подвижного состава. Характеристики и методы испытаний».

3. ГОСТ EN 50293-2012 «Совместимость технических средств электромагнитная. Системы управления дорожным движением».
4. EN50155 — международный стандарт, охватывающий электронное оборудование, используемое для подвижного состава для железнодорожных применений.
5. [www.powel.ru/powel\\_library/railway\\_power.html](http://www.powel.ru/powel_library/railway_power.html)
6. [www.recom-power.com/ru/emea/railway.html](http://www.recom-power.com/ru/emea/railway.html)