



ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ THN 15WIR ДЛЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ

Вячеслав Гавриков (г. Смоленск)

Совсем недавно компания Traco Power начала выпуск новой серии источников питания THN 15WIR. Эти модули создавались специально для работы в составе железнодорожного электронного оборудования. По заверениям Traco Power, источники THN 15WIR отвечают требованиям соответствующих отраслевых стандартов — например, EN 50155:2007 и EN 61373.

Разработка любого электронного блока должна вестись с учетом требований конкретных отраслевых стандартов. Так, стандарт EN 50155:2007 определяет требования к электронному оборудованию, применяемому в железнодорожных транспортных средствах. Специально для железнодорожных приложений компания Traco Power создала новую серию источников питания THN 15WIR (рис. 1).

В статье кратко рассматриваются требования, предъявляемые к электронному оборудованию, применяемому в железнодорожных транспортных средствах, а также анализируются особенности источников питания THN 15WIR.

ТРЕБОВАНИЯ К ЭЛЕКТРОННОМУ ОБОРУДОВАНИЮ, ПРИМЕНЯЕМОМУ В ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВАХ

Ни для кого не секрет, что оборудование, применяемое в железнодорожных транспортных средствах, в большинстве случаев эксплуатируется в достаточно жестких условиях. Перепады напряжения, высокий уровень помех, широкий диапазон рабочих температур, значительные ударные и вибрационные нагрузки — абсолютное обыденное явление для железнодорожных приложений.



Рис. 1.
Внешний вид
источников питания
THN 15WIR [1]

При разработке электронных модулей для железнодорожных транспортных средств следует опираться на существующие нормативные документы. К сожалению, в рамках данной статьи сложно рассмотреть все ГОСТы и стандарты. Однако стоит выделить некую отправную точку, которой является международный стандарт EN 50155:2007.

EN 50155:2007 Railway applications — Electronic equipment used on rolling stock («Оборудование электронное, используемое в подвижном составе железных дорог») описывает основные требования, которым должно отвечать электронное оборудование, действующее в железнодорожных транспортных средствах.

Данный стандарт рассматривает широкий круг вопросов, начиная от параметров питания и ЭМС и заканчивая условиями эксплуатации. Рассмотрим некоторые из них.

Напряжение питания. В соответствии с EN 50155:2007 номинальное напряжение оборудования (U_n) выбирают из следующих значений: 24, 48, 72, 96, 110 В. Для каждого из но-

миналов определяется конкретный диапазон рабочих напряжений (табл. 1) [1]. Например, модули с номинальным напряжением 24 В должны сохранять полную работоспособность в диапазоне 16,8–30 В, выдерживать просадки до 14,4 В в течение 100 мс, перенапряжения до 33,6 В в течение 100 мс.

Диапазон рабочих температур. Железнодорожное сообщение охватывает значительные территории с самыми различными климатическими условиями. По этой причине электронные блоки должны обеспечивать надежную работу в широком диапазоне температур.

В стандарте EN 50155:2007 определяется четыре температурных класса (табл. 2) [1]. Самый жесткий из них TX подразумевает работу печатных узлов в диапазоне $-40...+85$ °С.

Электрическая прочность. Высокая электрическая прочность является важным элементом безопасности. В соответствии с EN 50155:2007 для наиболее высоковольтных приборов рейтинг изоляции должен составлять не менее 1500 В (табл. 3) [1].

Таблица 1.
Допуски на напряжения питания согласно EN 50155:2007

НОМИНАЛЬНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ U_n , В	МИНИМАЛЬНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ 0,7 U_n , В	МАКСИМАЛЬНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ 1,25 U_n , В	РАСЧЕТНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ 1,15 U_n , В	ДОПУСТИМАЯ ПРОСАДКА НАПРЯЖЕНИЯ (100 МС) 0,6 U_n , В	ДОПУСТИМЫЕ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ (100 МС) 1,4 U_n , В	ДОПУСТИМЫЕ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ С ОГРАНИЧЕНИЕМ МОЩНОСТИ (1 С) 1,4 (U_n), В
24	16,8	30	27,6	14,4	33,6	33,6
36	25,2	45	41,4	21,6	50,4	50,4
48	33,6	60	55,2	28,8	67,2	67,2
72	50,4	90	82,8	43,2	100,8	100,8
96	67,2	120	110,4	57,6	134,4	134,4
110	77	137,5	126,5	66	154	154

Таблица 2.
Диапазоны рабочих температур согласно EN 50155:2007

КЛАСС	ТЕМПЕРАТУРА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ СНАРУЖИ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА, °С	ТЕМПЕРАТУРА ВНУТРИ РАЗДЕЛИТЕЛЬНОГО ЩИТКА, °С	ИЗБЫТОЧНАЯ ТЕМПЕРАТУРА ВНУТРИ РАЗДЕЛИТЕЛЬНОГО ЩИТА В ТЕЧЕНИЕ 10 МИН, °С	ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА, ОКРУЖАЮЩАЯ ПЕЧАТНЫЙ УЗЕЛ, °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

Таблица 3.
Испытания на прочность изоляции
согласно EN 50155:2007

НОМИНАЛЬНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ UN, В	СИНУСОИДАЛЬНОЕ СРЕДНЕКВАДРАТИЧНОЕ ЗНАЧЕНИЕ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ, В
24	500
36	500
48	500
72	1000
96	1000
110	1500

EN 50155:2007 самостоятельно раскрывает широкий круг требований к электронным блокам. Однако по некоторым вопросам EN 50155:2007 ссылается на другие стандарты. Например, на EN 61373.

Требования стойкости к ударным и вибрационным нагрузкам. По данному вопросу EN 50155:2007 ссылается на стандарт EN 61373. В нашей стране есть аналог этого документа — ГОСТ Р 54434-2011 «Оборудование железнодорожного подвижного состава. Испытания на удар и вибрацию».

Даже этого ограниченного перечня особенностей достаточно для того, чтобы понять: электронное оборудование для железнодорожного подвижного состава является чрезвычайно специфичной областью электроники. Однако не нужно забывать, что при разработке следует учитывать и другие требования: ЭМС, влажность и т. д.

Новые модульные источники питания THN 15WIR от Traco Power разрабатывались специально для железнодорожных приложений и отвечают требованиям EN 50155:2007 и EN 61373. Рассмотрим особенности THN 15WIR подробнее.

МОДЕЛЬНЫЙ РЯД И ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ THN 15WIR

В настоящий момент номенклатура серии THN 15WIR объединяет 27 одно- и двухканальных источников питания с диапазонами входных напряжений 9–36, 18–75, 36–160 В (табл. 4) [3]. Диапазон выходных токов для различных моделей находится в пределах 625–4500 мА. Все представители THN 15WIR предназначены для монтажа

Таблица 4.
Модельный ряд источников питания
THN 15WIR

НАИМЕНОВАНИЕ	ВХОДНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ, В	ВЫХОДНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ, В	ВЫХОДНОЙ ТОК, МА	КПД, %
THN 15-2410WIR	9–36	3,3	4500	88
THN 15-2411WIR		5	3000	89
THN 15-2412WIR		12	1300	89
THN 15-2413WIR	18–75	15	1000	89
THN 15-2415WIR		24	625	90
THN 15-2421WIR		±5	±1500	86
THN 15-2422WIR	36–160	±12	±625	89
THN 15-2423WIR		±15	±500	89
THN 15-2425WIR		±24	±315	91
THN 15-4810WIR	9–36	3,3	4500	88
THN 15-4811WIR		5	3000	89
THN 15-4812WIR		12	1300	89
THN 15-4813WIR	18–75	15	1000	89
THN 15-4815WIR		24	625	91
THN 15-4821WIR		±5	±1500	86
THN 15-4822WIR	36–160	±12	±625	90
THN 15-4823WIR		±15	±500	89
THN 15-4825WIR		±24	±315	90
THN 15-7210WIR	9–36	3,3	4500	88
THN 15-7211WIR		5	3000	89
THN 15-7212WIR		12	1300	89
THN 15-7213WIR	18–75	15	1000	89
THN 15-7215WIR		24	625	90
THN 15-7221WIR		±5	±1500	85
THN 15-7222WIR	36–160	±12	±625	89
THN 15-7223WIR		±15	±500	89
THN 15-7225WIR		±24	±315	90

на печатную плату и имеют компактные габаритные размеры 25,48×25,4×9,9 мм.

С одной стороны, серия THN 15WIR является развитием серии популярных источников питания THN 15 с сохранением полной выводов совместимости. С другой — модули THN 15WIR

имеют ряд особенностей, которые связаны в том числе со спецификой их применения. Остановимся на этих различиях подробно.

Главное отличие серии THN 15WIR от THN 15 — диапазон входных напряжений (табл. 5) [3, 4]. Для модулей THN 15 соотношение между максимальным и минимальным входным напряжением составляет 2:1. Этого недостаточно, чтобы соответствовать требованиям EN 50155:2007. Например, модули THN 15 с номинальным напряжением 24 В имеют допустимый диапазон 18–36 В и способны выдерживать выбросы до 50 В в течение 100 мс. В то же время согласно EN 50155:2007 (табл. 1) модули с номинальным напряжением 24 В должны сохранять работоспособность в диапазоне входных напряжений 16,8–30 В и выдерживать выбросы и просадки в диапазоне 14,4–33,6 В.

Модули THN 15WIR имеют соотношение входных напряжений 4:1. Это, например, позволяет источникам питания с номинальным напряжением 24 В работать в диапазоне 9–36 В. То есть диапазон 14,4–33,6 В, необходимый согласно EN 50155:2007, перекрывается с большим запасом.

Таблица 5.
Сравнение основных характеристик источников THN 15WIR и THN 15

ПАРАМЕТР	СЕРИЯ	
	THN 15WIR	THN 15
Мощность, Вт	15	15
Соотношение входных напряжений, В	4:1	2:1
Диапазон входных напряжений, В	9–36	9–18
	18–75 36–160	18–36 36–75
Выходное напряжение, В	3,3	3,3
	5	5
	12	12
	15	15
	24	24
	±5	±5
	±12	±12
	±15 ±24	±15 ±24
КПД, %	85–91	84–91
Рейтинг изоляции, В	3000	1500
Сопrotивление изоляции, МОм	>1000	>1000
Габариты, мм	25,48×25,4×9,9	25,48×25,4×9,9
Дистанционное включение	есть	есть
Подстройка выходного напряжения	есть	есть
Защита от КЗ	есть	есть
Защита от просадки входного напряжения	есть	есть
Защита от перенапряжений на выходе	есть	есть

сом. Аналогичный запас наблюдается и для модулей 48 и 72 В.

Следующим важным отличием между THN 15WIR и THN 15 является прочность изоляции. Если анализировать EN 50155:2007 (табл. 3), то можно заметить, что обе серии источников питания отвечают требованиям по уровню изоляции. Однако если для THN 15 рейтинг изоляции составляет стандартное значение 1500 В, то у модулей THN 15WIR он в два раза выше — 3000 В. Поскольку вопрос надежности для железнодорожного оборудования чрезвычайно важен, то повышенная защита источника питания никогда не будет лишней.

С точки зрения функционала THN 15WIR и THN 15 идентичны. Обе серии позволяют подстраивать выходное напряжение в диапазоне $\pm 10\%$ (или $-10/+20\%$), а также обеспечивают возможность дистанционного включения. Кроме того, набор защитных функций у THN 15WIR и THN 15 одинаков: защита от перенапряжений, просадок напряжения, перегрузок по току.

СТАБИЛЬНОСТЬ НАПРЯЖЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ THN 15WIR

Если рассматривать характеристики выходного напряжения, то источники питания THN 15WIR практически ничем не отличаются от модулей THN 15 (табл. 6) [3, 4]. Вместе с тем у обеих серий следует отметить относительно высокое значение температурной стабильности и возможность калибровки.

Таблица 6.
Нестабильность выходного напряжения для THN 15WIR и THN 15

ПАРАМЕТР	СЕРИЯ	
	THN 15WIR	THN 15
Точность установки выходного напряжения, %	±1	±1
Подстройка выходного напряжения	есть	есть
Нестабильность выходного напряжения по входному, %	0,2/0,5	0,2/0,5
Нестабильность выходного напряжения по нагрузке (одноканальные ИП), %	0,2	0,2
Нестабильность выходного напряжения по нагрузке (двухканальные ИП), %	1	1
Нестабильность выходного напряжения по нагрузке (двухканальные ИП, разбалансированная нагрузка), %	5	5
Температурный коэффициент напряжения, %/°C	±0,02	±0,02

ЧАСТОТНЫЕ И ВРЕМЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Источники питания THN 15 имеют рабочую частоту 400 кГц. Для THN 15WIR частота коммутаций несколько ниже — 245/300 кГц (табл. 7) [1, 2].

Таблица 7.
Частотные и шумовые характеристики для THN 15WIR и THN 15

ПАРАМЕТР	СЕРИЯ	
	THN 15WIR	THN 15
Рабочая частота, кГц	245/300	400 (ШИМ)
Минимальная нагрузка, %	не требуется	не требуется
Максимальная емкостная нагрузка (одноканальные ИП), мкФ	200–5200	100–2200
Максимальная емкостная нагрузка (двухканальные ИП), мкФ	100–1500	100–680
Выходной шум с внешним конденсатором (полоса 20 МГц, тип.), мВ	75/100/125	75/100
Кондуктивные помехи на входе	EN 55032, class A/B	EN 55032, class A/B
Пиковые напряжения (100 мс), В	–	36 (12 В)/50 (24 В)/100 (48 В)
Пиковые напряжения (1 с), В	50 (24 В)/100 (48 В)/185 (72 В)	–
Типовое время включения, мс	40	30

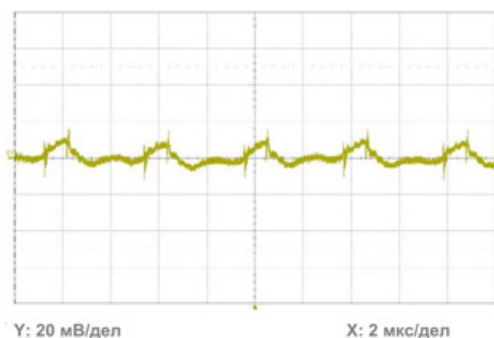
Уровень выходных шумов для THN 15WIR и THN 15 примерно одинаков. Согласно документации, источники THN 15WIR демонстрируют следующие показатели:

- 75 мВ (от пика до пика) для одно- и двухканальных источников 3,3/5 В с внешним конденсатором 10 мкФ/6,3 В X7R;
- 100 мВ (от пика до пика) для одно- и двухканальных источников 12/15 В с внешним конденсатором 1 мкФ/25 В X7R;
- 125 мВ (от пика до пика) для одно- и двухканальных источников 24 В с внешним конденсатором 2,2 мкФ/50 В X7R.



Рис. 2.

Шумы и пульсации выходного сигнала на примере THN 15-2410WIR [5]



Осциллограмма выходного напряжения на примере THN 15-2410WIR представлена на рис. 2. С осциллограммами других моделей можно ознакомиться в документации [5, 6].

Говоря об уровне собственных шумов, нужно отметить, что обе серии отвечают требованиям EN 55032 class A без каких-либо внешних фильтров. Чтобы соответствовать EN 55032 class B, на входе необходимо разместить дополнительные конденсаторы.

Временные характеристики THN 15WIR и THN 15 достаточно близки. На рис. 3 показана осциллограмма отклика выходного напряжения на изменение нагрузки (25%) на примере THN 15-2410WI [5]. С осциллограммами других моделей можно ознакомиться в документации [5, 6].

КОММЕНТАРИЙ СПЕЦИАЛИСТА



Филатов Владислав,

руководитель направления силовой электроники PT Electronics

vladislav.filatov@ptelectronics.ru

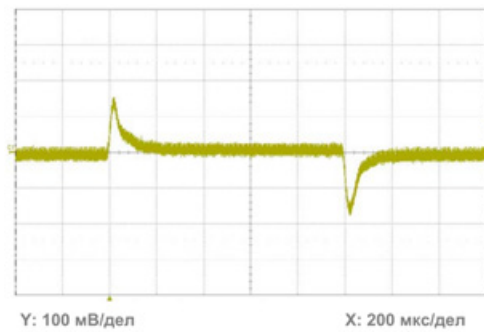
”

Основной особенностью модуля THN 15WIR является его диапазон входного напряжения от 36 до 160 вольт. Второго серийного продукта с таким диапазоном входного напряжения на российском рынке просто нет.

THN 15WIR – оптимальное решение для применения в такой отрасли как РЖД.



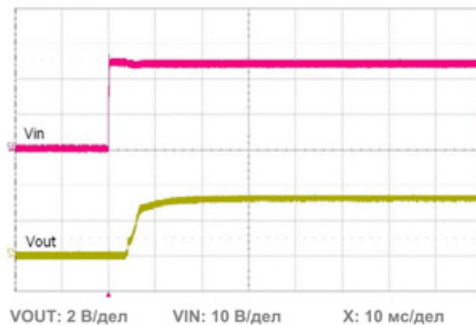
Рис. 3.
Отклик на импульсное изменение нагрузки (25%) на примере THN 15-2410WIR [5]



Время включения для модулей THN 15WIR оказывается несколько выше, чем у THN 15: 40 мс против 30 мс (рис. 4).



Рис. 4.
Осциллограмма включения на примере THN 15-2410WIR [5]



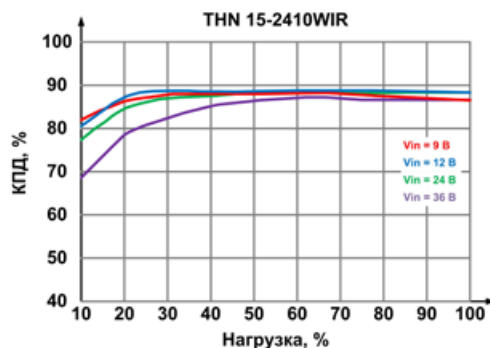
Среди дополнительных достоинств THN 15WIR и THN 15 стоит отметить отсутствие ограничений по уровню минимальной нагрузки.

КПД И ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ THN 15WIR

КПД для различных моделей THN 15WIR составляет 85–91%. На рис. 5 приведена зависимость КПД от нагрузки на примере THN 15-2410WIR. График оказывается достаточно пологим при нагрузке более 50%. Аналогичные зависимости для других моделей можно найти в документации [5].



Рис. 5.
Зависимость КПД от уровня нагрузки на примере THN 15-2410WIR [5]



КПД для большей части источников питания THN 15WIR слабо зависит от входного напряжения при значительных нагрузках (более 50%). В качестве примера на рис. 6 представлена зави-

симость для THN 15-2410WIR. Аналогичные зависимости для других моделей можно найти в документации [5].

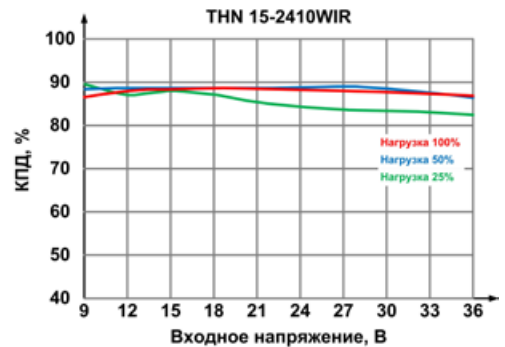


Рис. 6.
Зависимость КПД от входного напряжения на примере THN 15-2410WIR [5]

При выполнении теплового анализа для электронных блоков нельзя забывать о саморазогреве. Информация о потерях мощности для THN 15WIR приведена в документации (рис. 7) [5].

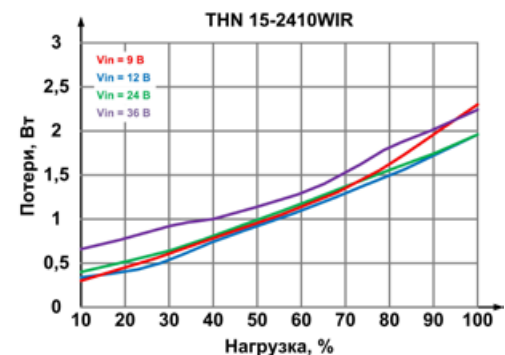


Рис. 7.
Уровень потерь на примере THN 15-2410WIR [5]

Как было показано выше, в соответствии с EN 50155:2007 наиболее жесткий температурный класс TX предполагает работу печатного узла в диапазоне $-40...+85^{\circ}\text{C}$ (табл. 4). Источники питания THN 15 имеют рабочий диапазон $-40...+85^{\circ}\text{C}$, однако с учетом дидрейтинга эффективный температурный диапазон оказывается уже $-40...+70^{\circ}\text{C}$ (табл. 8).

Таблица 8.
Температурные характеристики
для THN 15WIR и THN 15

ПАРАМЕТР	СЕРИЯ	
	THN 15WIR	THN 15
Диапазон рабочих температур, °C	-40...+90	-40...+85
Максимальная температура корпуса, °C	105	105
Температура хранения, °C	-55...+125	-55...+125
Снижение выходной мощности	3,3%/°C при температуре более +75 °C	2,8%/°C при температуре более +70 °C

Дрейтинг представляет собой уменьшение допустимой выходной мощности при нагреве источника питания. Для модулей THN 15 при температуре выше +70 °C мощность уменьшается со скоростью 2,8%/°C. В то же время температурный диапазон полной мощности для THN 15WIR оказывается шире и составляет -40...+75 °C, а последующее уменьшение происходит со скоростью 3,3%/°C. То есть при температуре +85 °C (максимальная температура для класса TX) мощность THN 15WIR падает всего на 33%, в то время как для THN 15 падение составит 42%.

Здесь нужно отметить, что рабочий диапазон зависит и от качества отвода тепла, например от силы обдува. На рис. 8 представлена зависимость выходной мощности от потока воздуха для THN 15-2410WIR. Аналогичные зависимости для других моделей можно найти в документации [5].

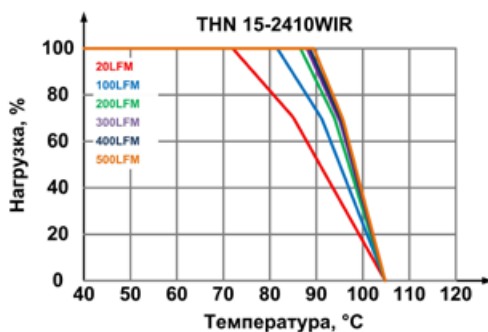


Рис. 8.
Ограничение
выходной мощности
на примере
THN 15-2410WIR [5]

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Новая серия источников питания THN 15WIR от компании Traco Power создана специально для работы в составе железнодорожного электронного оборудования. Эти источники отвечают требованиям отраслевых стандартов, например EN 50155:2007 и EN 61373.

«Железнодорожная» специализация модулей THN 15WIR отразилась на их характеристиках, что хорошо видно при сравнении с источниками питания базовой линейки THN 15. Серия THN 15WIR отличается широким диапазоном входных напряжений, расширенным температурным диапазоном, высоким рейтингом изоляции.



Литература

1. EN 50155:2007 Railway applications — Electronic equipment used on rolling stock.
2. ГОСТ Р 54434-2011. «Оборудование железнодорожного подвижного состава. Испытания на удар и вибрацию».
3. www.assets.tracopower.com/20180807083146/THN15WIR/documents/thn15wir-datasheet.pdf
4. www.assets.tracopower.com/20180807083146/THN15/documents/thn15-datasheet.pdf
5. www.assets.tracopower.com/20180807083146/THN15WIR/documents/thn15wir-characteristic-curves.pdf
6. www.assets.tracopower.com/20180807083146/THN15/documents/thn15-application.pdf
7. Документация на компоненты взята с официального сайта www.tracopower.com