

Вспомогательный источник питания

для однофазного и межфазного подключения

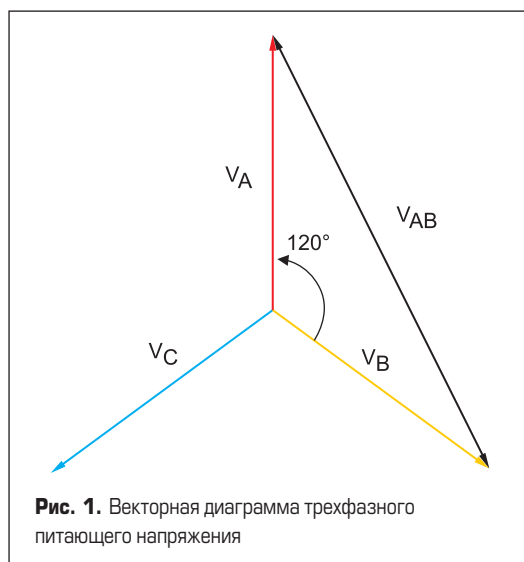
Статья объясняет, почему на рынке необходим маломощный блок питания с более широким, чем стандартный 4:1, диапазоном входного напряжения, и представляет коммерчески доступный от компании RECOM вариант модуля блока питания мощностью 5 Вт с диапазоном входного напряжения 85–528 В переменного тока, в отношении 6:1. Приведены практические варианты его текущего применения.

Стив Робертс
(Steve Roberts)

Перевод и дополнения:
Владимир Рентюк

На рынке есть множество источников питания с широким диапазоном входного напряжения, выполненных в виде преобразователей напряжения переменного тока в напряжение постоянного тока (AC/DC-преобразователи). Для создания универсального источника питания, который можно использовать в разных странах, диапазон входного напряжения 90–305 В переменного тока будет охватывать номинальные напряжения электросети 100, 115, 230 и 277 В. Однако нельзя забывать и про промышленную отрасль. Проблема здесь заключается еще и в том, что во многих промышленных трехфазных установках нейтраль (нулевой провод) недоступна. Таким образом, для того чтобы блок питания мог работать с межфазным подключением, потребуется AC/DC-преобразователь с еще более широким диапазоном входного напряжения.

Для начала давайте вспомним азы. При трехфазном питании все три фазы напряжения находятся по отношению друг к другу со сдвигом в 120°. Межфазное напряжение показано в виде векторной диаграммы на рис. 1.



Как видно из рисунка, межфазное напряжение V_{AB} имеет величину на $\sqrt{3}$ выше, чем напряжение фазы V_A . Пересчет для возможных вариантов напряжения питания (среднеквадратичное значение) приведен в таблице 1.

Кроме того, надо учитывать, что в некоторых промышленных приложениях входное напряжение сети переменного тока дополнительно выпрямляется, что необходимо для создания источника постоянного тока. Любой стандартный импульсный AC/DC-преобразователь в силу своей природы может работать и от напряжения переменного тока, и от источника постоянного тока, если напряжение последнего находится в пределах допустимого для него диапазона входного напряжения. Эффективное, или, правильнее, среднеквадратичное (с. к. з.), значение напряжения переменного тока определяется как эквивалентное напряжение постоянного тока, которое при чисто резистивной нагрузке будет вызывать тот же эффект нагрева, что и источник напряжения переменного тока. Однако амплитудное (то есть пиковое) напряжение переменного тока на самом деле намного выше среднеквадратичного напряжения (рис. 2).

Если используется двухполупериодное выпрямление, то результирующее напряжение постоянного тока будет выше номинального среднеквадратичного напряжения на коэффициент, равный $\sqrt{2}$. Таким образом, чтобы охватить все возможные варианты выпрямленного трехфазного входного напряжения переменного тока, диапазон допустимого рабочего входного напряжения постоянного тока преобразователя должен возрасти по крайней мере до 678 В постоянного тока (табл. 2).

Таблица 1. Среднеквадратичное значение межфазного напряжения для возможных вариантов фазных напряжений

V_A = однофазное напряжение, В	V_{AB} = межфазное напряжение, В
115	200
230	400
277	480

Для того чтобы удовлетворить требования как однофазных, так и межфазных применений и как для переменного, так и выпрямленного переменного тока, компания RECOM Power представила свою новую серию импульсных преобразователей RAC05-xxK/480 [1] (рис. 3), характерной чертой которых является сверхширокий диапазон входного переменного напряжения 85–528 В переменного тока и диапазон входного напряжения постоянного тока 120–745 В. Этот диапазон составляет 6:1, что значительно превышает стандартный диапазон входных напряжений 4:1 обычных AC/DC-преобразователей, которые позиционируются на рынке как устройства «с широким диапазоном входного напряжения». Представляемый преобразователь можно использовать с любым источником питания переменного или выпрямленного переменного тока с выходным напряжением 100–480 В переменного тока.

Серия RAC05-xxK/480 логически продолжает линейку RAC05-K/277 [2], рассчитанную на типичный диапазон входных напряжений 85–305 В переменного тока, и представляет 5-Вт AC/DC-преобразователи, специально разработанные для жестких условий промышленной сферы и наружной сети. Эти источники питания для монтажа на печатную плату могут эксплуатироваться с подключением от входных линий с номинальным напряжением 100–480 В переменного тока с межфазным или однофазным включением. Полный допустимый диапазон входного напряжения данных преобразователей, как уже было сказано, составляет 85–528 В переменного тока. Без каких-либо внешних компонентов они рассчитаны на категорию III импульсной устойчивости. Модули поддерживают диапазон рабочих температур –40...+80 °С (с небольшой деградацией по нагрузке) и до +60 °С (при полной нагрузке). Они имеют КПД до 75%, крайне низкую проходную емкость 100 пФ, полностью защищенные выходы и общую развитую защиту. Класс защиты по электроопасности — второй, испытательное напряжение 4 кВ переменного тока (1 мин). Компания RECOM гарантирует их соответствие требованиям EMC класс В без дополнительных внешних компонентов. В настоящее время доступны две модели преобразователей для монтажа в отверстия с выходными стабилизированными напряжениями 5 и 12 В. Все перечисленное делает AC/DC-преобразователи серии RAC05-xxK/480 оптимальными для интеграции в интеллектуальные сети, возобновляемые источники энергии, интеллектуальные системы измерения и контроля, а также в приложения IoT. На данные продукты дается трехлетняя гарантия от изготовителя. Подробные сведения содержатся в спецификации [1].

Благодаря сверхширокому диапазону входного напряжения такого AC/DC-преобразователя имеются три основные области его применения:

1. Техническое обслуживание на основе условий CBM (CBM condition-based maintenance — обслуживание оборудования по текущему техническому состоянию,

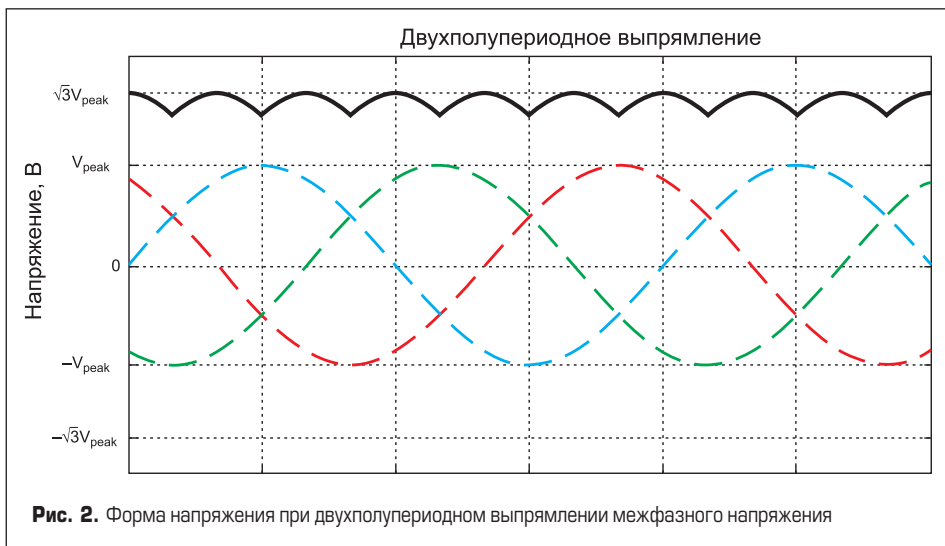


Рис. 2. Форма напряжения при двухполупериодном выпрямлении межфазного напряжения

Таблица 2. Пересчет номинального фазового напряжения в амплитудное трехфазное

Номинальное однофазное напряжение, В	Пиковое выпрямленное однофазное напряжение, В	Номинальное трехфазное напряжение, В	Пиковое выпрямленное трехфазное напряжение, В
115	163	200	283
120	170	208	285
220	311	380	538
230	325	400	566
240	340	416	588
277	391	480	678

в отличие от периодического обслуживания через заданные интервалы времени).

2. Системы интеллектуального уличного освещения.
3. Индустриальные системы, устойчивые к обрыву фазы.

Обслуживание оборудования по текущему техническому состоянию

Обслуживание оборудования по текущему техническому состоянию — это принцип «зачем чинить не поломанное?». Концепция заключается в том, что если машины и системы постоянно контролируются и если все показания находятся в пределах допуска, то нет необходимости делать какое-либо профилактическое обслуживание. Только если индикаторы начнут показывать новую тенденцию (например, неожиданное повышение температуры, изменение вибрационной характеристики двигателя или необычный характер данных), будет проведено расследование и при необходимости выполнено обслуживание или ремонт. Таким образом, от затратного периодического технического обслуживания вы переходите на прогнозное и экономите, скажем просто, кучу денег.

CBM-обслуживание используется в интеллектуальных системах технического обслуживания, работающих по принципу «прогнозировать и предотвращать, а не ждать отказа и исправлять», то есть, возвращаясь опять к народной мудрости, не в режиме «ошпаренной кошки», когда уже «жареный петух клонет». Такой подход особенно полезен для критических систем, где простои могут вызвать серьезные проблемы, например остановку технологической линии, или на очень

крупных промышленных предприятиях, где использование CBM может значительно сократить количество запасных частей на складе и расходы на содержание отдела технического обслуживания. При таком подходе поддерживать работу большего количества машин может меньшее количество инженеров и техников, а значит, уменьшатся накладные расходы и издержки из-за аварийных простоев, входящие в себестоимость конечной продукции, а прибыль — возрастает.

Как и во всех информационно-ориентированных системах, концепция CBM требует регулярной передачи данных от контролируемого оборудования. Если мы возьмем пример системы мониторинга состояния двигателя, то здесь, чтобы получить точную картину работы двигателя, датчики могут измерять температуру, вибрацию, акустические шумы, скорость вращения вала электродвигателя и его ток потребления. Эта информация должна непрерывно отправляться по проводной системе внутрицепевой шины или предварительно обрабатываться и для



Рис. 3. AC/DC-преобразователь семейства RAC05-xxK/480

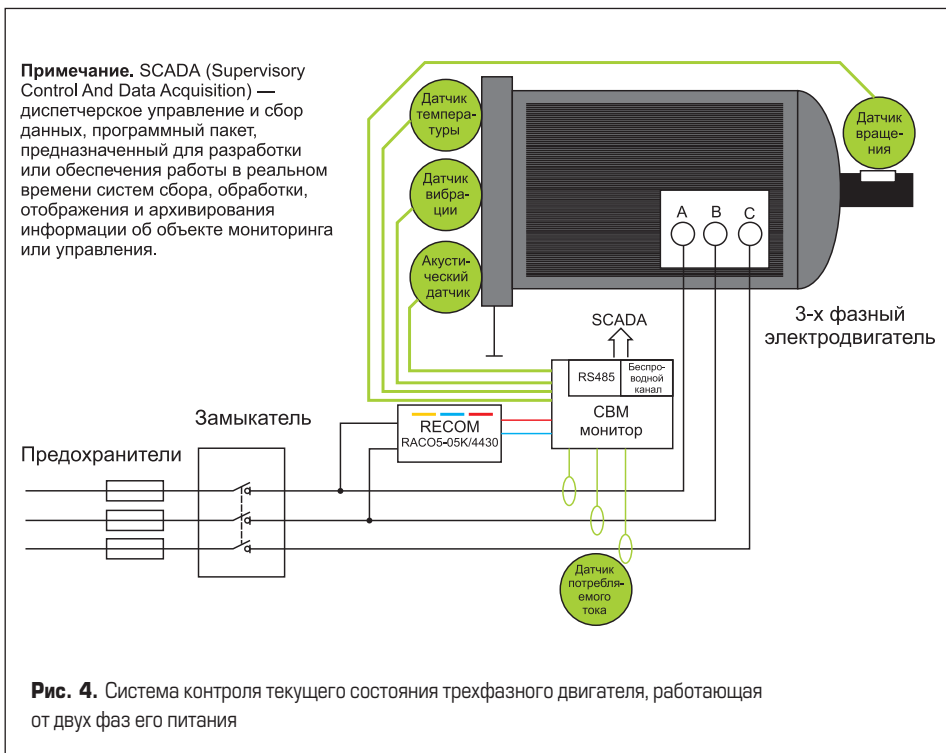


Рис. 4. Система контроля текущего состояния трехфазного двигателя, работающая от двух фаз его питания

Таблица 3. Категории перенапряжения

Напряжение на линии, В	Номинальное импульсное напряжение для категории перенапряжения, В			
	I (30 Ом)	II (12 Ом)	III (2 Ом)	IV (2 Ом)
150	800	1500	2500	4000
300	1500	2500	4000	6000
600	2500	4000	6000	8000

Примечание. Испытательный импульс для всех категорий перенапряжения — 1,2/50 мкс.

уменьшения трафика данных отправляться по мере необходимости по беспроводному каналу связи «Интернета вещей» (Internet of Things, IoT). В любом случае здесь для системы мониторинга двигателя системой CBM необходим стабильный и надежный источник питания постоянного тока низкого напряжения. На рис. 4 показана такая система, которая, поскольку здесь доступный нулевой провод (нейтраль), питается от двух фаз трехфазной электросети.

Аналогичные локальные межфазные источники питания в виде AC/DC-преобразователей также необходимы в трехфазных счетчиках электроэнергии, на станциях зарядки электромобилей, в системах контроля и управления бесперебойного электроснабжения и т. п.

«Умное» уличное освещение

Второе наиболее распространенное применение для AC/DC-преобразователей с пита-

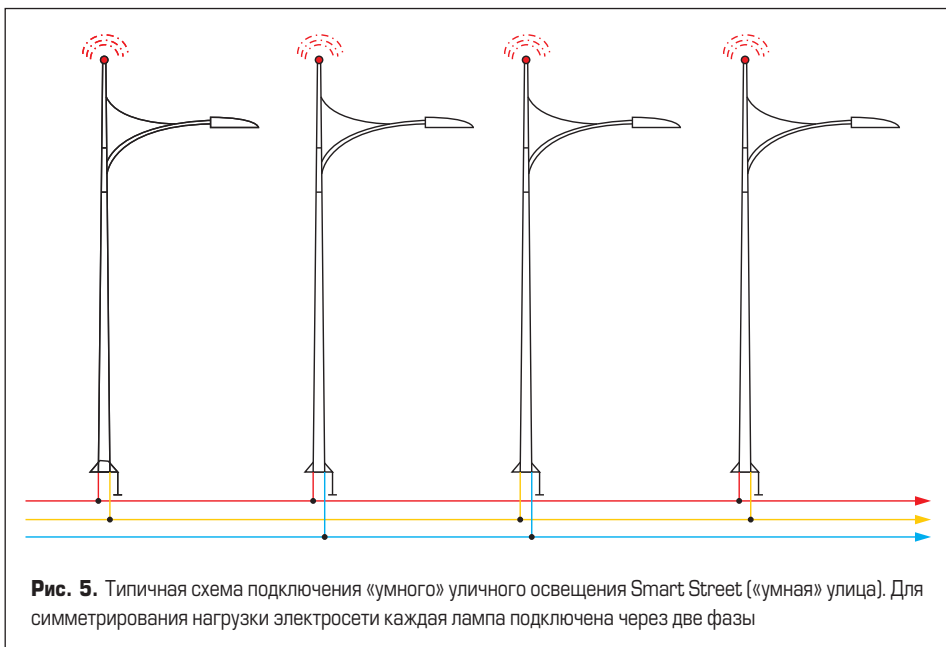


Рис. 5. Типичная схема подключения «умного» уличного освещения Smart Street («умная» улица). Для симметрирования нагрузки электросети каждая лампа подключена через две фазы

нием от напряжения 380–480 В переменного тока — интеллектуальное, или «умное», уличное освещение, где также требуется низковольтное напряжение постоянного тока небольшой мощности. Обычно уличное освещение подключается к каждому фонарному столбу или участкам освещения к двум из трех фаз (рис. 5). Таким образом, нагрузка может быть равномерно распределена по всем трем фазам и в то же время уменьшает число необходимых кабелей. Каждый фонарный столб заземляется отдельно от шин заземления, поэтому отдельный заземляющий провод или нейтраль здесь не требуются.

Управление лампами может быть централизованно скоординировано по системе беспроводной или проводной связи. Уличные фонари также могут быть полностью автономными. В этом случае в каждый фонарный столб можно встроить GPS-приемник, чтобы фонарь «знал» свое местоположение, а отсюда — время заката и восхода солнца, которое передается как часть астрономических данных GPS и по которому происходит включение и выключение уличного освещения. Это так называемые гражданские сумерки — период после заката и перед восходом Солнца, в течение которого Солнце находится на высоте 0...–6° над уровнем горизонта. В некоторых схемах освещения, таких как многоэтажные автостоянки, активное уличное освещение и освещение больших площадей, детекторы движения и транспортных средств также могут быть активированы для включения групп фонарных столбов только в той области, где на текущий момент времени требуется освещение.

Независимо от того, является управление локальным или централизованным, источник питания для датчиков и приемопередатчиков связи должен питаться от межфазного напряжения питания. Требования к мощности невелики, как правило, для питания ИК-детектора, модуля GPS или радио беспроводной сети достаточно 3–4 Вт, но такой блок питания должен быть устойчивым для работы на улице.

Однако это еще не все, есть и другая проблема, связанная с питанием чувствительного датчика или радиооборудования от сети высокого напряжения, что требует защиты и устойчивости от скачков напряжения и всевозможных, часто непрогнозируемых переходных процессов. Установки освещения, кроме всего прочего, классифицируются по категории импульсной устойчивости, ранее категории перенапряжения (Over-Voltage Category, OVC). Для интеллектуального освещения для наружного освещения обычно устанавливаются категории III или IV. Это означает, что скачки напряжения могут быть очень существенными, поскольку более высокие категории имеют гораздо более низкие импедансы источника возмущения (табл. 3)¹.

¹В настоящее время в РФ требования к светильникам устанавливаются стандартом ГОСТ Р МЭК 60598-1-2011 «Светильники. Часть 1. Общие требования и методы испытаний», стандарт идентичен международному стандарту IEC 60598-1:2008 Luminaires - Part 1: General requirements and tests. Категория устойчивости к импульсу устанавливается стандартом ГОСТ Р МЭК 60664.1-2012 «Координация изоляции для оборудования в низковольтных системах. Часть 1. Принципы, требования и испытания», стандарт идентичен международному стандарту IEC 60664-1:2007 Insulation coordination for equipment within low-voltage systems - Part 1: Principles, requirements and tests, во второй редакции.

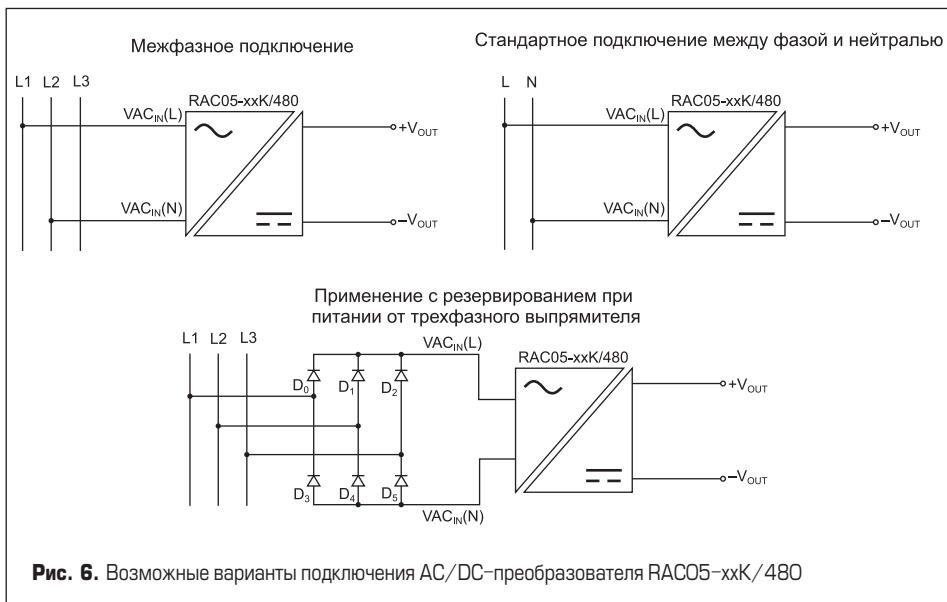


Рис. 6. Возможные варианты подключения AC/DC-преобразователя RAC05-xxK/480

Классификация по устойчивости к импульсу должна отличать различные степени соответствия оборудования требуемым ожиданиям по непрерывности эксплуатации и приемлемому риску отказа. Подбором оборудования по уровням устойчивости к импульсу может быть достигнута координация изоляции в целом, сводящая риск отказа к приемлемому уровню, что является основой для контроля перенапряжения. Более высокая цифра, характеризующая категорию устойчивости к импульсу, означает более высокую устойчивость оборудования к импульсу и предполагает более широкий выбор методов контроля перенапряжения.

Здесь видно еще одно преимущество AC/DC-преобразователя RAC05-xxK/480 от компании RECOM — он имеет уже предусмотренную встроенную совместимость согласно категории III. Внутри модуля установлены газоразрядник, предохранители и варисторы. Для категории IV здесь необходим предварительный фильтр, состоящий из внешнего элемента молниезащиты, который, как того требуют правила, можно заменить после нескольких скачков напряжения или скачков тока.

Отказоустойчивые приложения

Подсчитано, что почти 90% состояний неисправности сети вызвано коротким замыканием на одной из фаз. Трехфазные неисправности встречаются крайне редко. Поэтому в промышленных применениях, где непрерывность питания необходима для работы непрерывных процессов или по требованиям безопасности, могут использоваться незаземленные электроустановки.

Это утверждение особенно справедливо для систем распределения питания, включенных по схеме «треугольник», показанной на рис. 1, а не в конфигурации «звезда». Конфигурацию по схеме «треугольник» можно оставить незаземленной, по углу или заземленной по центру, либо с заземлением с высоким импедансом, либо с «земляной» шиной. Преимущество здесь заключается в том, что замыкание на «землю» может привести к появлению нежелательных токов в некоторых частях системы, но остальная часть системы по-прежнему будет работать в обычном режиме. Таким образом, хотя соединения «звез-

да» являются наиболее распространенными, соединения «треугольник» все еще используются для запитки критически важного оборудования, например центров обработки данных и установок непрерывного производства, а также на автомобильных предприятиях или бумажных фабриках.

AC/DC-преобразователь RAC05-xxK/480 не требует заземления, поскольку это устройство класса II с двойной изоляцией, рассчитанной на электрическую прочность в 4 кВ, соответственно, данные устройства совместимы с источниками питания с включением фаз «треугольником» или «звездой». Он также может использоваться с трехфазным выпрямителем, как показано на рис. 6, для создания источника питания с резервированием фазы. В случае отказа какой-либо одной из фаз источник питания по-прежнему остается активным и питается от двух других фаз.

Заключение

Серия RAC05-xxK/480 — это универсальный источник питания в виде импульсного AC/DC-преобразователя, который можно использовать в однофазном или межфазном включении при входном напряжении 85–528 В переменного тока. Встроенная возможность выдерживания перенапряжения на уровне категории III означает, что он может быть установлен во многих промышленных приложениях без каких-либо дополнительных внешних компонентов. Такой источник питания востребован и найдет множество применений в промышленном IoT, системах интеллектуального освещения и отказоустойчивых промышленных приложениях.

Литература

1. RAC05-xxK/480 5 Watt 2x1", Single Output // RECOM review. 2019. No.2. www.RECOM-power.com/pdf/Powerline_AC-DC/RAC05-K_480.pdf
2. RAC05-K/277 5 Watt, Single Output // RECOM review. 2019. No.2. www.RECOM-power.com/pdf/Powerline_AC-DC/RAC05-K_277.pdf