

Серийно выпускаемые транзисторные преобразователи электроэнергии

А. Гончаров

Многообразные схемотехнические решения транзисторных преобразователей электроэнергии представлены в огромном числе научных трудов и изобретений зарубежных и отечественных авторов. Сегодня эти изделия серийно производят более 200 зарубежных компаний*. Однако анализ схемотехники серийно выпускаемых преобразователей и происходящих в них процессов говорит об ограниченном числе классических структур таких устройств, пригодных для применения в радиоэлектронных системах. Это можно объяснить их многолетним отбором по критериям простоты, эффективности, ресурсосбережения, а также рентабельности производства. Рассмотрим некоторые результаты такого анализа, проведенного фирмой "Александр

лей. Мостовая схема содержит транзисторные ключи VT1—VT4 с обратнo-ключенными диодами VD1—VD4. Емкости C1—C4 включают собственные емкости транзисторов, диодов, монтажа, трансформатора TV и т.д. Последовательная с первичной обмоткой трансформатора TV.1 индуктивность L_c в первом приближении представляет индуктивность рассеяния TV. Разделительный конденсатор C5 в ряде случаев может отсутствовать — он необходим при несимметричных стационарных и переходных процессах, когда существует опасность постоянного подмагничивания трансформатора TV.

Транзисторные ключи попарно по диагонали открываются и закрываются сигналами управления СУ1—СУ4. На

дросселя L_{ϕ} выходного фильтра. При выключении транзистора VT2 (VT3) в момент времени t_2 ток стока этого транзистора быстро падает. На интервале t_2 — t_3 напряжение стока транзистора VT2 имеет характерный выброс до величины напряжения питания E, который обусловлен действием индуктивности рассеяния L_s . В зависимости от значений этой индуктивности, тока через нее и емкостей C2 и C1 выброс может быть достаточно длительным или коротким и иметь колебательный или аperiodический характер. Демпфирование этого выброса осуществляют с помощью специальных RC-цепочек, что снижает КПД. В момент времени t_4 по сигналу управления СУ1 открывается транзистор VT1 (VT4), и при симметрии плеч моста все процессы повторяются.

Импульсная последовательность после выпрямителя имеет коэффициент заполнения импульсов, равный удвоенному коэффициенту заполнения импульсов тока через транзисторы. Таким образом, при типовом изменении коэффициента заполнения импульсов токов транзисторных ключей от 0,3 до 0,47 коэффициент заполнения импульсов на входе сглаживающего фильтра изменяется от 0,6 до 0,94.

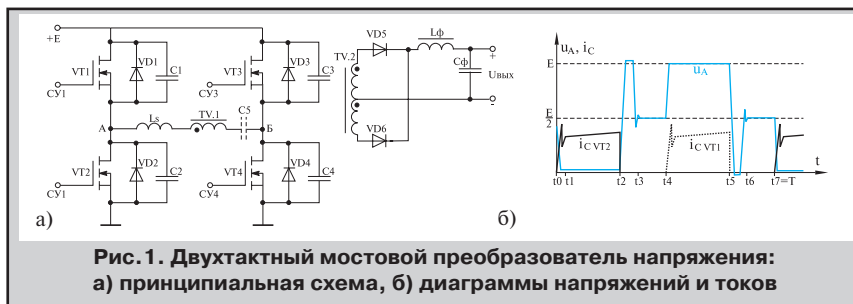


Рис. 1. Двухтактный мостовой преобразователь напряжения: а) принципиальная схема, б) диаграммы напряжений и токов

электрик" (Москва) для регулируемых трансформаторных транзисторных преобразователей напряжения класса DC/DC — основных функциональных узлов источников вторичного электропитания (ИВЭП).

Двухтактная мостовая структура

Мостовая структура (рис.1а) — наиболее сложная из двухтактных схем преобразователей. Однако возможности эффективной организации электромагнитных процессов преобразования электроэнергии в этой структуре при работе на повышенных мощностях делают ее классической среди серийно выпускаемых транзисторных преобразовате-

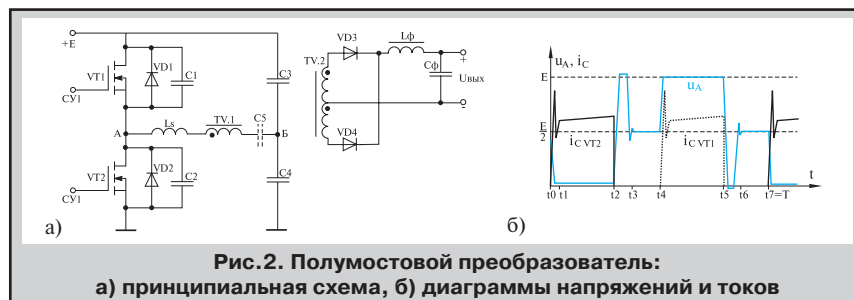


Рис. 2. Полумостовой преобразователь: а) принципиальная схема, б) диаграммы напряжений и токов

диаграммах напряжения и тока транзистора (рис.1б) интервал времени t_0 — t_2 соответствует открытому состоянию VT2 и VT3. При этом форма тока через транзистор VT2 близка к прямоугольной. От момента включения транзистора t_0 до момента t_1 ток стока транзистора имеет характерный импульсный выброс, объясняемый как зарядом конденсатора C1 и разрядом C2, так и процессами переключения выпрямительных диодов VD5 и VD6. Нарастание тока стока на интервале t_1 — t_2 обусловлено нарастанием тока намагничивания трансформатора TV и

Мостовая структура имеет важные достоинства: напряжение на транзисторных ключах практически не превышает напряжения питания E, а мгновенная мощность преобразования, которую обеспечивают транзисторные ключи, имеет максимально возможное значение — Ei_C . Этому способствует практически прямоугольная форма тока через транзисторные ключи.

В случае применения МДП-транзисторов типа IRFP360 (сопротивление канала — 0,2 Ом, ток стока — 5—10 А) при питании от выпрямленного напря-

* В их числе — AT&T, Advance Power Supplies, Advance Power Design, Astec High Voltage, Boeing Defense & Space Group, Burr-Brown, Computer Products, Delta Products, Electronic Measurements, Ericsson Components, Fiskars Electronics, Hewlett-Packard, Integrated Power Design, Interpoint, Kepco, LH Research, Lambda Electronics, Nemic-Lambda, Melcher, Philips Power Supplies, Pioneer Magnetics, Power Micro, Sager, Sierra West Power Systems, Sola, Traco Power Products, Todd Products, Vicor и др.

жения $E=300$ В промышленной сети (~ 220 В) мостовая структура имеет следующие типовые энергетические параметры: мгновенная мощность преобразования — 1500—3000 Вт, выходная мощность ИВЭП — 1000—2500 Вт. При выходном напряжении 24 В типичный КПД такого мостового преобразователя равен 0,92—0,96 на частотах преобразования 20—150 кГц. Однако при уменьшении напряжения питания КПД резко снижается из-за большого числа ключей. Другой недостаток мостовой структуры — сложная схема управления ключами, которая оправдана в ИВЭП большой мощности, как правило, уже содержащих множество различных вспомогательных электронных устройств — интерфейсы, схемы защиты, управления, индикации, телеметрии и т.п.

Исследования показали, что наличие в мостовой структуре емкостей $C1$ — $C4$ при достаточно мощной схеме управления с низким импедансом обеспечивает выключение транзисторных ключей $VT1$ — $VT4$ практически без потерь. В то же время выбросы напряжения величиной E на интервалах $t2$ — $t3$ и $t5$ — $t6$ позволяют в данные отрезки времени также без потерь включать транзисторные ключи при нуле напряжения. Чтобы при этом не потерять свойство регулируемости преобразователя, необходимо “заморозить” фазу протекания тока через индуктивность рассеяния от момента времени $t2$ до $t4$ и от $t5$ до $t7$. Для этого осуществляют короткое замыкание цепи первичной обмотки трансформатора $TV.1$ с помощью транзисторных ключей и обратновключенных диодов. В результате включение следующей пары транзисторов происходит при нуле напряжения практически без потерь и помех. Такой режим называется “мягким включением” при нуле напряжения и по существу представляет собой метод формирования траекторий переключения транзисторных ключей ИВЭП.

Использование в процессе формирования траекторий переключения транзисторных ключей индуктивностей и емкостей обусловило появление резонансных мостовых преобразователей, в которых разделительный конденсатор $C5$ и индуктивность рассеяния с дополнительной катушкой индуктивности образуют последовательный резонансный контур. В таких преобразователях через транзисторные ключи протекают резонансные токи, что позволяет формировать оптимальные траектории переключения транзисторов и работать на повышенных частотах преобразования при больших мощностях. Однако из-за трудностей регулирования преобразователей, заметного увеличения статических потерь в ключевых транзисторах и пере-

менной частоты преобразования при увеличенных номинальных мощностях реактивных элементов резонансные преобразователи не смогли занять заметное место среди промышленно выпускаемых ИВЭП.

Двухтактная полумостовая структура

Двухтактные ИВЭП средней мощности чаще всего производят по полумостовой схеме преобразователя (рис.2а). Структура содержит транзисторные ключи $VT1$ и $VT2$ с обратновключенными диодами $VD1$ и $VD2$. Конденсаторы $C3$ и $C4$ образуют делитель напряжения первичного источника E . На практике широко используется способ переключения напряжения входной сети ИВЭП путем соединения точки B с одним из входов сетевого выпрямителя. При этом весьма просто образуется схема удвоения напряжения. В данном случае значения емкостей $C3$ и $C4$ выбираются достаточно большими исходя из необходимости образовать емкостной фильтр на выходе сетевого выпрямителя в виде двух последовательно соединенных конденсаторов $C3$ и $C4$. При несимметричных переходных процессах, когда имеется возможность подмагничивания трансформатора TV , применяется разделительный конденсатор $C5$ с емкостью, во много раз меньшей, чем $C3$ и $C4$.

Транзисторные ключи $VT1$ и $VT2$ поочередно открываются и закрываются сигналами управления $CV1$ и $CV2$. При закрытии транзистора $VT2$ (рис.2б, момент времени $t2$) на интервале $t2$ — $t3$ происходит нарастание его напряжения стока, определяемое зарядом емкости $C2$ и разрядом $C1$ под воздействием тока первичной обмотки трансформатора $TV.1$. На этом интервале напряжение стока $VT2$ имеет характерный выброс до напряжения питания E , который, как и в мостовой структуре, обусловлен действием индуктивности рассеяния Ls . Демпфирование выброса RC -цепочками снижает КПД.

В момент времени $t4$ сигнал управления $CV1$ открывает транзистор $VT1$, и при симметрии плеч структуры все процессы повторяются.

Полумостовая структура имеет важное достоинство: напряжение на транзисторных ключах практически не превышает напряжения питания E . Однако мгновенная мощность преобразования, которую обеспечивают транзисторные ключи, меньше, чем у мостовой структуры, и равна $Ei_C/2$. Это объясняется тем, что емкостной делитель $C3$, $C4$ является фактически двумя источниками питания по $E/2$ каждый.

В случае применения транзисторов типа IRFP350 (ток стока 3—6 А) и при питании от выпрямленного напряжения $E=300$ В промышленной сети (~ 220 В)

полумостовая структура имеет следующие типовые энергетические параметры: мгновенная мощность преобразования — 450—900 Вт, а выходная мощность ИВЭП — 300—800 Вт. При выходном напряжении порядка 24 В типичный КПД такого преобразователя равен 0,88—0,92 на частотах преобразования 30—200 кГц. С уменьшением напряжения питания КПД полумостовой структуры при неизменной выходной мощности снижается из-за роста потерь в транзисторных ключах.

Как и в мостовой структуре, наличие емкостей $C1$ и $C2$ при достаточно мощной схеме управления с низким импедансом обеспечивает выключение транзисторных ключей практически без потерь. Выбросы напряжения величиной E на интервалах времени $t2$ — $t3$ и $t5$ — $t6$ позволяют в эти моменты осуществлять включение транзисторов при нуле напряжения также без потерь. Однако при этом теряется свойство регулируемости преобразователя.

В практических структурах полумостовых преобразователей с “мягким переключением” при нуле напряжения формируются несимметричные процессы преобразования. Переключение транзисторов происходит в противофазе с небольшими задержками, равными соответственно $t3$ — $t2$ и $t5$ — $t4$ (рис.3), при неодинаковых интервалах включенного состояния. Регулирование осуществляется изменением разности между этими интервалами.

В полумостовых преобразователях возможно также применение резонансных методов переключения. В этом случае удобно использовать емкостной делитель $C3$, $C4$ как резонансную емкость, а индуктивность рассеяния трансформатора с дополнительной катушкой индуктивности — как резонансную индуктивность последовательного резонансного контура. При этом через транзисторные ключи протекают резонансные токи, что позволяет формировать почти идеальные траектории переключения транзисторов на повышенных частотах. Ограничивают промышленное производство таких преобразователей трудности регулирования, повышенные статические потери в транзисторных ключах и переменная частота преобразования при увеличенных номинальных мощностях реактивных элементов.

Представляет интерес двухтрансформаторная структура полумостового преобразователя (рис.4). В ней каждый трансформатор ($TV1$ или $TV2$) поочередно выполняет функции трансформатора и дросселя, вынесенного в первичную цепь. Такая схема пригодна для работы на повышенных частотах преобразования, когда простые одинаковые транс-

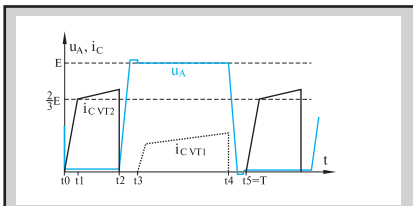


Рис.3. Диаграммы напряжений и токов для полумостовой схемы с "мягким переключением"

форматоры, например с печатными обмотками, при изготовлении технологичнее, чем более сложный двухтактный трансформатор. В двухтрансформаторной структуре легко организовать симметричные резонансные процессы без дополнительных резонансных элементов. Однако в этом случае данной структуре будут присущи все недостатки резонансных схем. В схеме можно также реализовать несимметричные процессы с "мягким переключением" при нуле напряжения.

Структура типа "пуш-пул"

Двухтактная структура преобразователя с поочередной работой первичных полуобмоток трансформатора (рис.5а) — наиболее простая среди двухтактных схем ИВЭП. В связи с наличием только двух транзисторных ключей, подсоединяющих полуобмотки трансформатора к источнику первичного электропитания E, она обладает большими преимуществами при работе на низких питающих напряжениях.

Транзисторные ключи VT1 и VT2 поочередно открываются и закрываются сигналами управления СУ1 и СУ2. При закрытии транзистора VT1 (рис.5б, момент времени t2) на интервале t2—t3 происходит нарастание напряжения стока VT1, определяемое зарядом емкости C1 и разрядом емкости C2 под воздействием тока первичной обмотки трансформатора

TV1. На этом интервале напряжение стока имеет характерный выброс, который обусловлен действием индуктивности рассеяния Ls1. В зависимости от значений этой индуктивности, тока через нее и емкостей C1 и C2 выброс напряжения на стоке VT1 может быть достаточно длительным и достигать уровня 2,5–4E или быть коротким и иметь колебательный либо аperiодический характер. Демпфирование выброса специальными RC-цепочками существенно снижает напряжение на транзисторах выше уровня 2E. Отличительное свойство этой структуры — отдача энергии паразитных выбросов на выход преобразователя, вследствие чего достигается более высокий КПД.

При питании от напряжения аккумуляторной батареи 24 В структура типа "пуш-пул" имеет следующие типовые энергетические параметры: для МДП-транзисторов типа IRFP064 с сопротивлением канала 0,009 Ом и токе стока 25–50 А мгновенная мощность преобразования — 600–1200 Вт, выходная мощность ИВЭП — 400–1000 Вт.

В данной структуре принципиально возможны процессы "мягкого переключения" в нуле напряжения и работа с резонансными контурами. Однако сложность реализации этих процессов и большие потери в резонансных

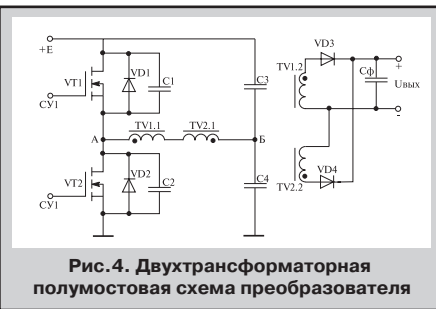


Рис.4. Двухтрансформаторная полумостовая схема преобразователя

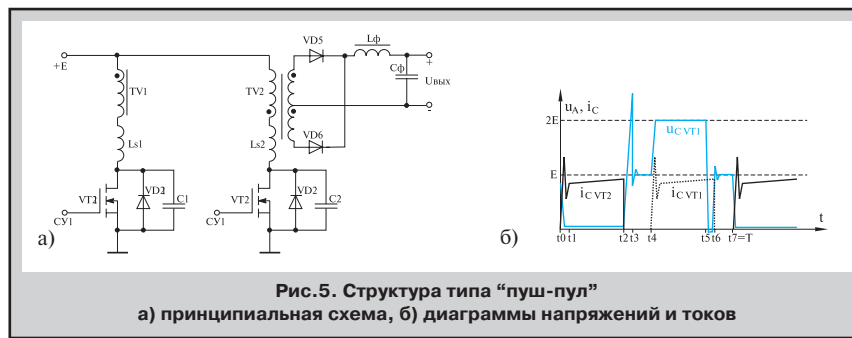


Рис.5. Структура типа "пуш-пул" а) принципиальная схема, б) диаграммы напряжений и токов

При симметрии плеч преобразователя все процессы повторяются для этого транзистора.

Структура типа "пуш-пул" имеет важное достоинство: мгновенная мощность преобразования, которую обеспечивают транзисторные ключи, имеет максимально возможное значение, равное E_{ic}. Однако этой структуре присущи и недостатки — значительные выбросы на стоках транзисторов и сложный трансформатор. Поэтому схема широко применяется в низковольтных ИВЭП, работающих от питающего напряжения не более 30–60 В.

В связи с отмеченными недостатками структуры типа "пуш-пул" большой интерес представляет редко рекламируемая двухтактная структура преобразо-

вателя с поочередной работой первичных разделенных полуобмоток трансформатора, связанных конденсатором C3 (рис.6). Принцип ее работы не отличается от работы предыдущей структуры, однако наличие C3 достаточной величины не позволяет развиваться выбросам напряжения на транзисторах выше уровня 2E. Отличительное свойство этой структуры — отдача энергии паразитных выбросов на выход преобразователя, вследствие чего достигается более высокий КПД.

При питании от напряжения аккумуляторной батареи 24 В структура типа "пуш-пул" имеет следующие типовые энергетические параметры: для МДП-транзисторов типа IRFP064 с сопротивлением канала 0,009 Ом и токе стока 25–50 А мгновенная мощность преобразования — 600–1200 Вт, выходная мощность ИВЭП — 400–1000 Вт.

В данной структуре принципиально возможны процессы "мягкого переключения" в нуле напряжения и работа с резонансными контурами. Однако сложность реализации этих процессов и большие потери в резонансных

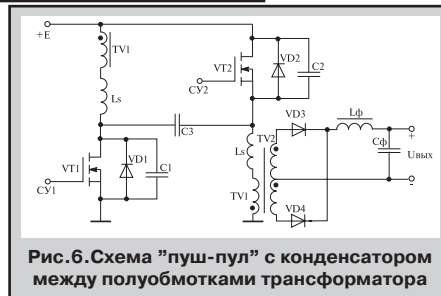


Рис.6. Схема "пуш-пул" с конденсатором между полуобмотками трансформатора

контурах при низких напряжениях и больших токах препятствуют их промышленному освоению.

(Продолжение статьи будет опубликовано в следующем номере)

Представляем автора статьи



ГОНЧАРОВ Александр Юрьевич окончил Воронежский политехнический институт в 1973 году, много лет работал на оборонных предприятиях Москвы. Кандидат технических наук, автор 120 научных работ и изобретений. Начальник сектора МНИИ приборной автоматики, главный конструктор фирмы "Александр электрик", вице-президент НТФ "Энергетическая электроника", президент научно-производственного концерна "Александр и Пауэл". Специалист в области энергетической электроники. Много внимания уделяет организации российского производства источников вторичного электропитания. Контактные телефоны 362-64-14, 362-62-41.

Устройства бесперебойного питания

Современная электронная аппаратура крайне чувствительна к некачественной электроэнергии сети 220 В, 50 Гц, а нарушение ее функционирования и выход из строя связаны с повышенным риском. Низкое качество электроэнергии проявляется как в пропадании напряжения сети на время от десятков миллисекунд до десятков минут и более, так и в его кратковременных провалах и выбросах с интервалом от десятков наносекунд до сотен микросекунд. Методы борьбы с нестабильностью сети электроснабжения разнообразны [1]. Однако как универсальное средство признаны устройства бесперебойного питания (УБП), которые обеспечивают требуемое качество электроэнергии при низком ее качестве в сети. Правда, эти устройства дорого стоят – от десятков центов до нескольких долларов за один ватт выходной мощности УБП, т. е. цена электроэнергии улучшенного качества возрастает на порядок и более. Тем не менее спрос на УБП постоянно растет.

УБП различных классов имеют существенные особенности. Чтобы сделать правильный выбор, важно ознакомиться с классификацией устройств и их возможностями, а также сравнить стоимость устройств в зависимости от их класса.

По принципу действия УБП делятся на два класса: с гальванической связью нагрузки и первичной сети (off-line) и без нее (on-line). В УБП первого класса подключают аккумуляторную батарею (АБ) для передачи электроэнергии к потребителю лишь во время выхода параметров напряжения сети за допустимые границы (рис.1а). В УБП второго класса АБ постоянно подключена к выходу устройства через инвертор (рис.1б). В обоих вариантах к АБ подсоединены зарядные устройства (ЗУ), передающие электроэнергию из сети к АБ. Представленные на рынке УБП первого и второго классов на основе сетевого трансформатора разнообразны по схемотехнике и конструкции. При мощности менее 1 кВт, несмотря на значительные размеры и массу

сетевого трансформатора, все они экономически выгодны. В новых разработках при мощности более 0,5 кВт, как правило, применяется бестрансформаторный вход. При этом сетевое напряжение предварительно выпрямляется, а затем инвертируется с использованием высокочастотной модуляции. Следовательно, такие УБП имеют два узла преобразования электроэнергии. Основные отличия двух классов приведены в табл.1.

Данные табл. 1 говорят о полном превосходстве УБП второго класса, если только не учитывать, что они в несколько раз дороже. Именно благодаря более низким ценам объем продаж УБП первого класса в 100 раз превышает продажи второго [2]. Кроме того, КПД устройств второго класса составляет 85–90%, а первого – 97–99%. Да и при непрерывной работе в течение 160 часов с нагрузкой около 1 кВт УБП первого класса потребляют энергии на 10 – 20 кВт·ч меньше второго.

В последние годы появилось несколько новых модификаций УБП:

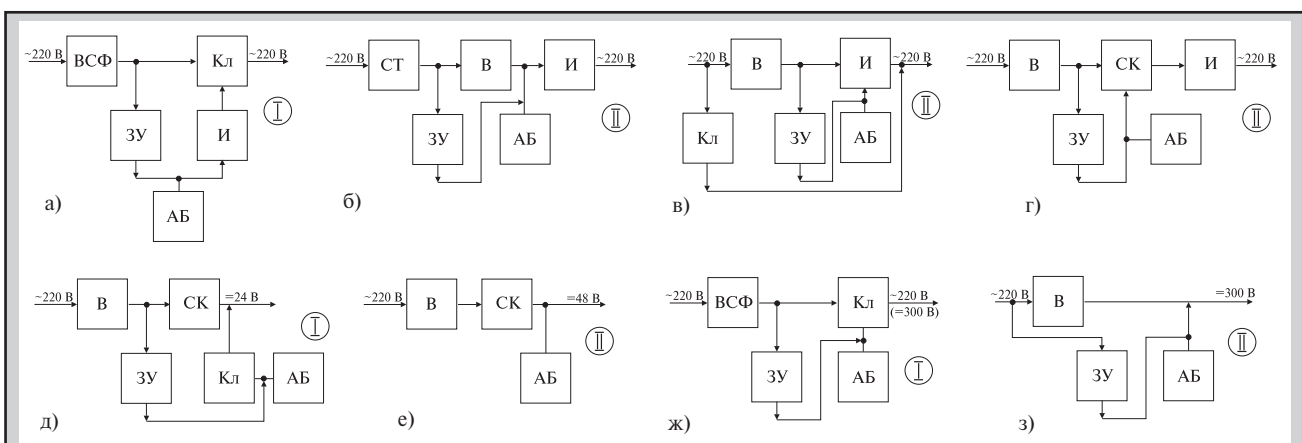


Рис. 1. Структурные схемы УБП: I – класс off-line, II – класс on-line; ВСФ – высокочастотный сетевой фильтр, Кл – ключ, ЗУ – зарядное устройство, И – инвертор, СТ – сетевой трансформатор, СК – стабилизирующий конвертор, АБ – аккумуляторная батарея, В – выпрямитель

Особенности двух классов УБП

Таблица 1

УБП класса off-line	УБП класса on-line
Отсутствие стабилизации и низкое качество выходного напряжения	Высокое качество выходного напряжения за счет стабилизации
Переход питания от сети к АБ и обратно с перерывом выходного напряжения на 2–10 мс	Перерыв в выходном напряжении отсутствует
Кратковременный перерыв в подаче электроэнергии сети (десятки-сотни миллисекунд) приводит к разряду АБ в течение нескольких секунд	АБ разряжается за время, равное перерыву в подаче электроэнергии сети
Гальваническая связь сети с выходом УБП (необходимо учитывать при выполнении требований техники безопасности)	Отсутствует гальваническая связь, что упрощает выполнение требований техники безопасности
Импульсные помехи снижают лишь с помощью высокочастотных сетевых фильтров и устройств подавления помех	Применение высокочастотных сетевых фильтров и устройств подавления помех не всегда обязательно
Возможен несанкционированный доступ к информации локальной сети по цепям питания оборудования	Доступ к информации существенно затруднен

входных напряжений и выполнение функций КВИ.

Необходимость КВИ или устройства, выполняющего функцию КВИ наряду с основными, становится понятной, если учесть постоянно ужесточающиеся нормы искажений сети потребителями электроэнергии. В то же время отечественный ГОСТ 13109-87 допускает на входах потребителей электроэнергии повышенные помех. Такой подход вряд ли правилен, так как оставляет лазейки для появления на рынке низкока-

line-interactive; by-pass, triple-conversion, ferrups.

Первая модификация (например, серия NetUPS фирмы Exide Electronics) представляет собой усовершенствованное устройство первого класса с сетевым стабилизатором напряжения (СШН). Эта модификация имеет много вариантов в зависимости от принципа построения СШН. **Вторая модификация** (например, серия AP 4300 фирмы Liebert), которую вряд ли можно отнести к значительным новшествам, обеспечивает возмож-

ность использования УБП второго класса в режиме первого: дополнительный канал передает сетевую электроэнергию непосредственно к потребителю “в обход” основных узлов устройства (рис.1в). Кроме того, она позволяет проводить ремонт УБП. **Третья модификация** (например, серия 200 фирмы Constant Power) представляет собой УБП второго класса с введенным в его структуру третьим преобразователем электроэнергии в виде стабилизирующего конвертора, после которого следует инвертор с ШИМ (рис.1г). УБП содержит также корректор входного импеданса (КВИ), называемый иногда корректором коэффициента мощности. **Четвертая модификация** (например, модели FE фирмы BEST) – УБП второго класса на базе феррорезонансного трансформатора. Она существенно отличается от других вариантов вто-

Децентрализация УБП для мощных систем потребления

Таблица 2

Преимущества	Недостатки
Предельная децентрализация (число УБП равно числу потребителей)	
Повышенная надежность, если выход из строя одного УБП с отключением одного потребителя не приводит к отказу системы потребления Простота проектир. системы, установки и наращивания УБП Не требуется специального помещения для УБП	Пониженная надежность, если выход из строя одного УБП с отключением одного потребителя приводит к отказу системы потребления Увеличенная стоимость всех УБП для системы Сложность автоматического централиз. контроля за состоянием УБП
Средняя децентрализация (число УБП равно числу групп потребителей)	
Повышенная надежность, если выход из строя одного УБП с отключением группы потребителей не приводит к отказу системы потребления Простота проектирования системы Не требуется специального помещения для УБП	Пониженная надежность, если выход из строя одного УБП с отключением группы потребителей приводит к отказу системы потребления Сложность автоматического централизованного контроля за состоянием УБП
Централизованное питание (общее УБП)	
Уменьшенная стоимость УБП Простота автоматического централизованного контроля за состоянием УБП	Показатели надежности питания определяются, в основном, показателями надежности общего на систему потребления УБП Повышенная сложность проектирования системы, предусматривающей специальную разводку сети с выхода УБП Необходимость специального помещения

рого класса, так как феррорезонансный принцип построения УБП обеспечивает высокие показатели надежности, широкий диапазон

чественной аппаратуры. При аварийных нарушениях электроснабжения допускается кратковременный выход значений параметров



Рис.2. Изменение напряжения сети в течение суток

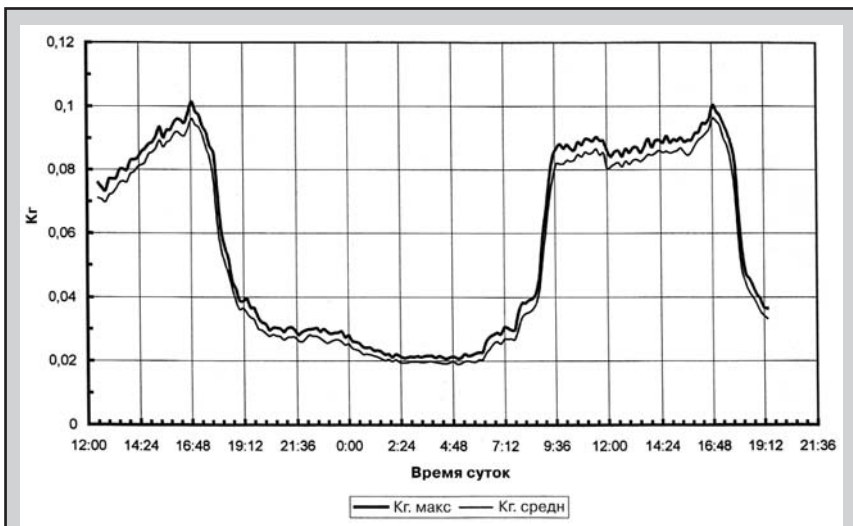


Рис.3. Изменение коэффициента гармоник в течение суток

качества электроэнергии за установленные пределы, в том числе снижение напряжения вплоть до нулевого уровня. Что представляет собой в результате отечественная (московская) сеть внутри компьютеризированного предприятия, показано на рис.2-4. Таким образом, “вольности” стандарта заставляют проектировать более сложные устройства. Следовательно, производителям УБП выгодно бороться за “жесткие” стандарты по качеству сети.

Итак, совмещение КВИ с ССН, их установка перед или в УБП либо использование четвертой модификации устройства бесперебойного питания — главные направления создания высоконадежного электропитания для мощных потребителей (от единиц до десятков киловатт).

Важное значение имеет минимизация стоимости энергетического оборудования при некоторых заданных показателях надежности. Одна из серьезных проблем — оптимальная степень децентрализации мощных УБП. Примером средней степени децентрализации аппаратуры вторичного электропитания может служить подход [3], который при общей потребляемой мощности в десятки киловатт рекомендует применять УБП мощностью 1–2 кВт. В табл. 2 приводятся преимущества и недостатки различной степени децентрализации.

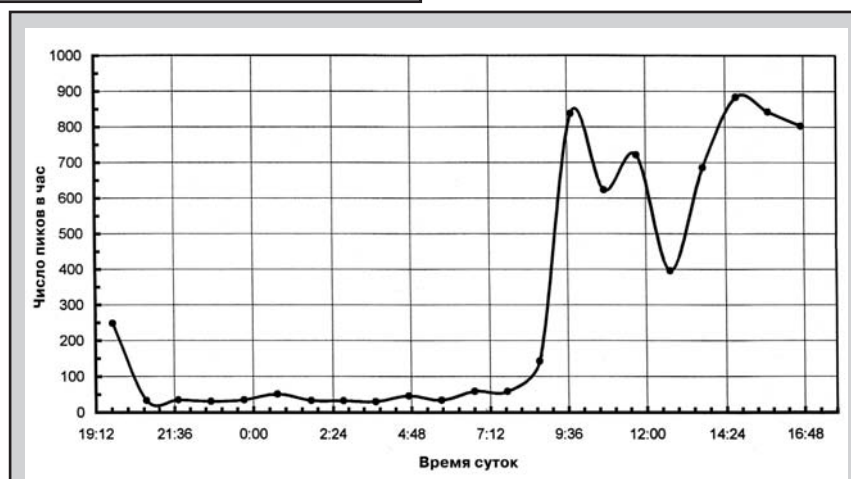


Рис.4. Изменение числа пиков напряжения (от 30 В и выше) за один час в течение суток

Анализируя табл. 2, можно заметить, что по способу предельной децентрализации УБП строятся на базе устройств класса off-line, по способу средней децентрализации — на базе обоих классов, по централизованному способу — на базе устройств класса on-line. Окончательный выбор УБП зависит от множества дополнительных факторов [4].

Как уже отмечалось, качество электроэнергии сети, поступающей на УБП, в значительной степени влияет на ряд показателей УБП, а также на электро- и пожаробезопасность мощных систем потребителей. Если при централизованном способе предусматривается специальная разводка сети, то для двух других способов необходимо, по возможности, учитывать некоторые

рекомендации. Например, при питании ПК целесообразно применение УБП второго класса с трехфазным входом [5]. При этом разгружается нейтраль и по фазам ток распределяется более равномерно. Другая важная практическая рекомендация — использование отдельно от нейтрального провода шин защитного заземления, соединенных с корпусами УБП, без их объединения на стороне потребителя.

Рассмотрим три варианта построения УБП в зависимости от формы выходного напряжения: синусоидальной, типа меандр (прямоугольный, трапециидальный, с паузой “на нуле” и т. д.), постоянного уровня. Обоснованные требования

для ряда потребителей электроэнергии синусоидального напряжения с низким коэффициентом гармоник (радиолокационное оборудование, аудиоаппаратура и т.д.) определяют конкретную область применения УБП. Для распространенного потребителя — ПК — требование синусоидального напряжения нельзя считать обоснованным. На практике проверено, что меандр и постоянное напряжение — перспективные варианты.

УБП с выходом на постоянном токе могут быть построены так же, как и с выходом на переменном токе, по принципу off-line и on-line (рис.1д,е). Однако выход на постоянном токе позволяет значительно упростить УБП и, что не менее важно, сделать его экологически чис-

Сравнительные данные УБП мощностью 2 кВА

Таблица 3

Технические характеристики	Фирмы, серия и класс УБП				
	Exide Electronics NetUPS SE Line-interact	Tripp Lite Smart Line-interact	Victron NetPro On-line	SOLA Sola 600 On-line	ВТ и ПЭ УБП-2000 Off-line
Входное напряжение, В	230	230	230	220	220
Диапазон входного напряжения, В	150–276	168–278	187–264	187–242	180–250
Время переключения, мс	5–15	3–6	—	—	6–8
Выходное напряжение, В	230±10%	230±10%	230±3%	220±2%	220 +10,-15%
Форма вых. напр. от АБ	меандр	меандр	синус.	синус.	пост.
Диапазон выходного напряжения при АБ, В	208-240	225-235	220-240	225-235	250-330
Выходная активная мощность, кВт	1,4	1,6	1,5	1,4	1,5
Время работы от АБ, мин	7	11	7	10	10
Время заряда АБ, ч	5	4	6	3	7
ВЧ-преобразование	есть	есть	есть	есть	нет
Размеры, см	22x18x43	42x23x31	40x29x63	19x46x47	25x40x50
Масса, кг	32	42	30	45	48
Цена, тыс. долл.	1,2	1,4	2,6	2,5	0,9

тым с точки зрения электромагнитной совместимости с чувствительной аппаратурой. Структурные схемы таких УБП обоих классов приведены на рис.1ж,з [6].

ОАО “Вычислительная техника и промышленная электроника” (ОАО ВТ и ПЭ), входящее в НТФ “Энергетическая электроника” (НТФ ЭНЭЛ), разработало и изготовило образцы устройств бесперебойного питания с полной выходной мощностью 2 кВА типа УБП-2000 с выходом на постоянном токе [7]. Эти устройства предназначены для использования с ПК. Первые образцы сейчас осваиваются у заказчика. Основные характеристики УБП-2000 в сравнении с параметрами зарубежных устройств на 2 кВА приведены в табл. 3.

Анализ табл. 3 позволяет утверждать, что характеристики отечественного УБП-2000 находятся на одном уровне с характеристиками рассмотренных зарубежных аналогов, в то время как цена его значительно ниже.

Научно-производственный концерн “Александр и Пауэл”, также входящий в НТФ ЭНЭЛ, выпускает УБП с выходом на постоянном токе типов ИП-35 (рис. 1з) и ИБП-48

(рис.1е) для аппаратуры сбора информации, систем охранной сигнализации, противопожарных устройств, систем видеонаблюдения, мини-АТС, радиостанций, радиорелейных линий связи, систем управления непрерывными технологическими процессами и военной техники. ИП-35 и ИБП-48 содержат встроенные герметичные необслуживаемые АБ емкостью от 12 до 80 А·ч. Выходные напряжения и токи — 24 В (27–22 В), 4А в ИП-35 и 48 В (55–43 В), 4 А в ИБП-48. Эти УБП позволяют организовать бесперебойное электропитание при пропадании сети 220 В, 50 Гц в течение нескольких часов. Устройства выполнены в настенном и стойковом вариантах, смонтированы в металлических корпусах, снабжены звуковой сигнализацией, имеют индикацию режимов.

УБП, выполненные по различным структурным схемам, выпускают и другие предприятия РФ. Как правило, их цены на 20–50% ниже зарубежных. Таким образом, мнение о том, что на российском рынке присутствуют только иностранные модели УБП, не соответствует действительности. Тот факт, что оно получило широкое распростране-

ние, можно объяснить отсутствием рекламы и неопытностью отечественных предприятий в области маркетинга.

НТФ ЭНЭЛ предлагает помощь потребителям УБП в определении оптимальной для них модели устройств, а отечественным разработчикам и производителям УБП – в организации рекламы и маркетинга.

Адрес для переписки:
119517 Москва, а/я 5.
Тел. (095)330-0638,
факс (095)330-5630,
e-mail ENEL@GLASNET.RU

Литература

1. Колосов В. НТФ “Энергетическая электроника” разрабатывает устройства защиты электронной аппаратуры от нестабильности сети электроснабжения. — Электроника: НТБ, 1997, №6, с.47.
2. Рубцов В. Защита компьютера от сетевых помех. — Электроника и компоненты, 1997, вып.3—4.
3. Колосов В. Особенности проектирования систем и устройств электропитания для вычислительных комплексов. — Радиопромышленность, 1996, вып.1.
4. Колосов В. Комплексные решения по защите производственной и бытовой электронной аппаратуры от некачественной электроэнергии сети. / Тез. докл. конф. УСЭЭ-98. — М.: НТФ ЭНЭЛ, 1998.
5. Капустин В., Лопухин А. Компьютеры и трехфазная электрическая сеть. — СТА, 1997, вып.2.
6. Колосов В, Гаврилин Н, Османов И., Замятин А., Бульчев Ю. Способ гарантийного питания радиоэлектронной аппаратуры. Заявка на патент №97118452/09(019676).
7. Конев Ю., Колосов В., Поликарпов А., Гончаров А., Титкин В. Перспективы устройств бесперебойного питания с выходом на постоянном токе. /Тез. докл. конф. ЭКАО-97. — М.: МЭИ, 1997.

Представляем автора статьи

КОЛОСОВ Валерий Алексеевич. Доктор технических наук, вице-президент и исполнительный директор научно-технического фонда “Энергетическая электроника” Специалист в области силовой электроники. Автор 150 научных работ и изобретений.