

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИМПУЛЬСНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ

ХВАН-БОН КУ, Fairchild Semiconductor

Как правило, в импульсных источниках питания (ИИП), работающих на высоких частотах, применяются малогабаритные пассивные компоненты, что приводит к росту коммутационных потерь в жестком режиме переключения. Чтобы снизить коммутационные потери при работе на высоких частотах переключения, были разработаны специальные методы мягкого переключения. Среди них самыми распространенными являются резонансные методы и методы переключения по нулевому напряжению.

Резонансные методы используют характерные особенности резонанса в конденсаторах и катушках индуктивности на протяжении всего периода переключения, что приводит к тому, что частота переключения начинает меняться в зависимости от входного напряжения и тока нагрузки. Изменение частоты переключения, т.е. частотно-импульсная модуляция (PFM), затрудняет разработку ИИП, в составе которых имеются входные фильтры. Поскольку в фильтрах нет выходной катушки индуктивности, напряжение на выходных выпрямительных диодах не дает выбросов, что позволяет разработчикам выбирать низковольтные диоды. Однако при увеличении выходного тока отсутствие выходной катушки индуктивности приводит к повышению нагрузки на выходные конденсаторы, поэтому резонансные методы не подходят для схем с большими токами нагрузки и низкими выходными напряжениями.

С другой стороны, методы переключения по нулевому напряжению используют резонансные явления, возникающие между паразитными компонентами схем во время включения/выключения силовых ключей, т.е. в течение переходных процессов. Использование паразитных компонентов, например индуктивности рассеяния (*leakage inductance*) основного трансформатора и выходной емкости ключей, является одним из основных достоинств таких методов, поскольку они не требуют дополнительных внешних компонентов для реализации мягкого переключения. Кроме того, эти методы основаны на широтно-импульсной модуляции (ШИМ), поэтому схемы работают с фиксированной частотой переключения. Следовательно, реализованные на данном принципе системы проще для

понимания, анализа и проектирования, чем резонансные методы.

Благодаря простой конфигурации и характеристикам переключения по нулевому напряжению (ZVS), асимметричные полумостовые ШИМ-преобразователи стали одними из самых популярных схем, основанных на методе переключения по нулевому напряжению. Пульсации выходного тока в них становятся настолько малы по сравнению с такими резонансными топологиями как LLC-преобразователи, что с ними легко справляется подобранный соответствующим образом выходной конденсатор. Простота анализа и разработки, а также выходная катушка индуктивности позволяют широко применять ШИМ-преобразователи в устройствах с большим током нагрузки и низким выходным напряжением, например в блоках питания для персональных компьютеров и серверах. Для работы с большими токами нагрузки во вторичной цепи часто используется синхронный выпрямитель, поскольку при этом потери проводимости становятся омическими, а не потерями на р-п-переходах. Намного проще создать драйвер для синхронного выпрями-

теля асимметричного полумостового ШИМ-преобразователя, чем разработать LLC-преобразователь. Кроме того, при работе с большими токами нагрузки для повышения эффективности использования основного трансформатора часто применяется удвоитель тока.

В этой статье рассмотрены основные характеристики асимметричных полумостовых ШИМ-преобразователей с удвоителем тока и синхронным выпрямителем. Приводятся также экспериментальные результаты, полученные для асимметрично-регулируемых топологий, в которых используются силовые ключи.

ПРЕИМУЩЕСТВА АСИММЕТРИЧНЫХ ПОЛУМОСТОВЫХ ШИМ-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ С УДВОИТЕЛЕМ ТОКА И СИНХРОННЫМ ВЫПРЯМИТЕЛЕМ

Удвоитель тока широко используется в устройствах с низким выходным напряжением и большим током нагрузки. На рисунке 1 показана схема асимметричного полумостового ШИМ-преобразователя с удвоителем тока во вторичной цепи. Вторичная обмотка отводов не имеет, в то время

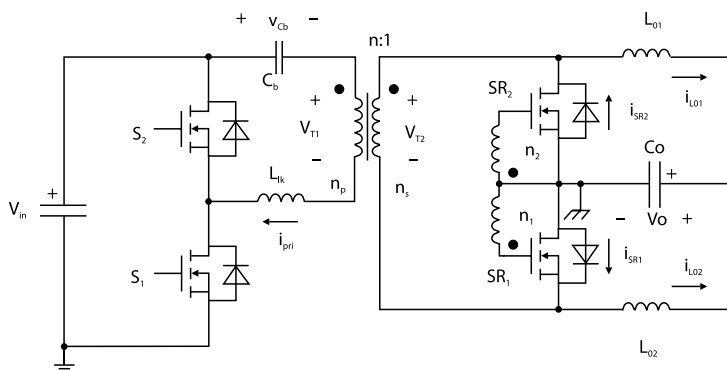


Рис. 1. Асимметричный полумостовой ШИМ-преобразователь с удвоителем тока

как выходные катушки индуктивности представлены двумя небольшими катушками. Для повышения общей эффективности устройства используются синхронные выпрямители на МОП-транзисторах (SR) с низким $R_{DS(ON)}$. Удвоитель тока имеет следующий ряд преимуществ над обычными выпрямителями с отводом от средней точки.

Во-первых, постоянная составляющая тока намагничивания в них меньше или равна аналогичной составляющей в случае применения выпрямителя с отводом от средней точки, что позволяет использовать трансформатор с меньшим сердечником. Когда каждая из выходных катушек индуктивности берет на себя половину тока нагрузки, величина тока намагничивания трансформатора остается такой же, что и при использовании выпрямителя с отводом от средней точки. Ток намагничивания снижается, если выходные катушки индуктивности загружены неравномерно.

Во-вторых, среднеквадратическое (RMS) значение тока во вторичной

обмотке меньше, чем при использовании выпрямителей с отводом от средней точки, поскольку через каждую выходную катушку индуктивности течет только половина тока нагрузки. Это дает возможность при одном и том же самом сердечнике и сечении провода использовать во вторичной обмотке низкую плотность тока.

В-третьих, обмотка сама по себе гораздо легче, чем обмотка выпрямителя с отводом от средней точки. Это довольно существенно, особенно для устройств с несколькими выходами, что связано с ограничением количества обмоток трансформатора.

В-четвертых, сигналы на затворы транзисторов SR поступают напрямую с выходов катушек индуктивности. Поскольку выходные катушки индуктивности содержат достаточно большое количество витков, в отличие от вторичной обмотки трансформатора, состоящей всего из нескольких витков, с их выходов можно легко снять напряжение в диапазоне 10...20 В для подачи на затворы транзисторов.

Кроме того, разделение выходных катушек индуктивности позволяет сэкономить на стоимости больших сердечников. Благодаря перечисленным достоинствам преобразователи с удвоителями напряжения стали одной из самых популярных топологий для устройств с большим выходным током.

ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ПРЕДЛАГАЕМОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

Рассмотрим рисунок 2 с режима 2, при котором происходит передача мощности в нагрузку. Поскольку в этом режиме транзистор S1 включен, на первичную обмотку трансформатора подается напряжение $(V_{in} - V_{cb})$. Увеличение тока намагничивания i_m происходит со скоростью нарастания $(V_{in} - V_{cb})/L_m$. Поскольку транзистор SR₂ выключен, скорость нарастания тока через L₀₁ зависит от напряжения, которое определяется путем вычитания напряжения на выходном конденсаторе V_o из $(V_{in} - V_{cb})/n$. С другой стороны, ток через L₀₂ свободно про-

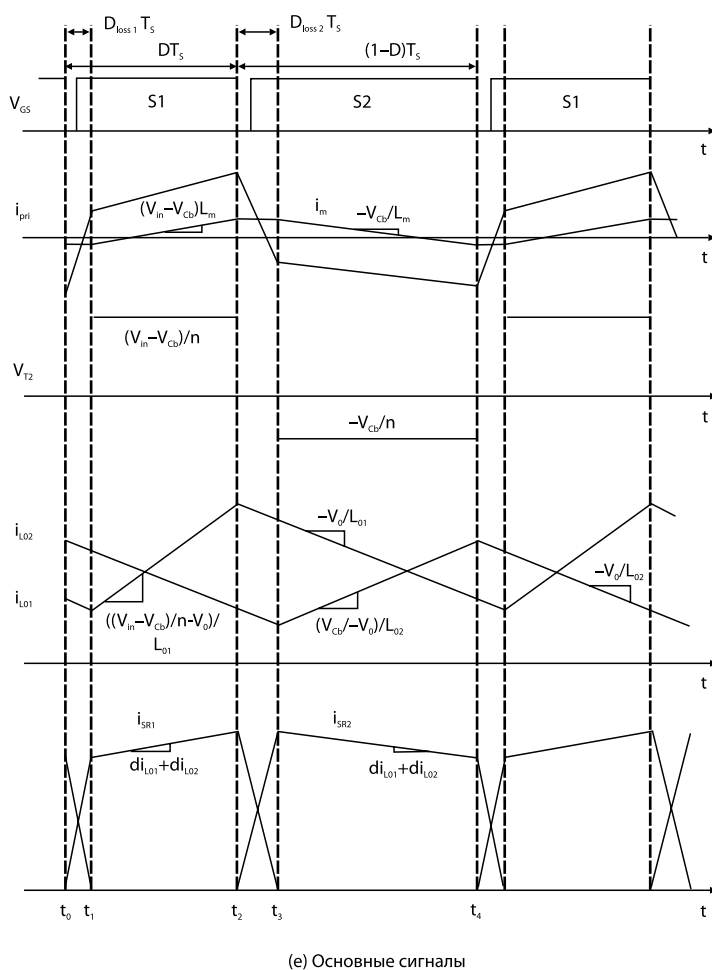
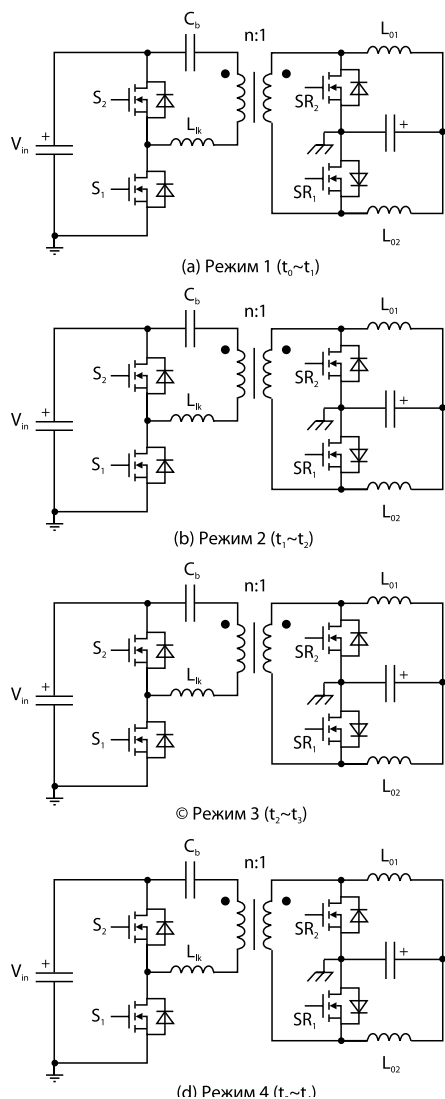


Рис. 2. Анализ работы рассматриваемого преобразователя



УНИКАЛЬНЫЕ
РАДИОКОМПОНЕНТЫ
ВЕДУЩИХ ФИРМ МИРА

РАДИОКОМП®

111024, Москва, Авиамоторная ул., д. 8
Телефон: (495) 957-7745, 361-0904, 361-0416
Факс: (495) 925-1064
sales@radiocomp.net
www.radiocomp.net

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КОМПАНИИ:

- изготовление под заказ синтезаторов частот и сигналов
- сжатие и обработка сигналов изображений
- разработка и создание систем передачи видео и аудио информации по радиоканалам

ПОСТАВЛЯЕМЫЕ ПОД ЗАКАЗ СИСТЕМНЫЕ РЕШЕНИЯ:

Система сбора и архивирования информации от распределенной сети видеокamer и микрофонов с передачей изображения в удаленные центры принятия решений

Количество источников видео- и аудио- информации, а также кадровая скорость и дальность передачи определяются Заказчиком с учетом технических характеристик доступных каналов связи, технических стандартов сети (GSM, Yota, ...) и покрытием сетей.

Глубина архивов зависит от емкости жестких магнитных дисков компьютерного концентратора и может достигать нескольких месяцев.

Области применения: видео- / аудио-контроль помещений, территорий и транспортных коммуникаций.

Алгоритмы сжатия изображений: JPEG, JPEG2000 (wavelet), H.264.

Комплект приемо-передающей аппаратуры для архивирования и передачи изображения посредством GSM технологии

- компрессия входного аналогового сигнала (PAL) по алгоритму JPEG2000 и запись во FLASH-память объемом до 2 Гб с разрешением VGA и возможностью управления кадровой скоростью
- передача видео-потока на удаленный контрольный пункт по сотовой сети, визуализация получаемой информации и ее архивирование на жестком диске
- возможность подключения ко входам модуля внешних датчиков для автоматического перевода из режима ожидания в режим передачи



• Габариты: 80x100x40 мм



Габариты: 80x100x40 мм

ТОРГОВЫЕ ПАРТНЕРЫ И НОМЕНКЛАТУРА ПОСТАВЛЯЕМЫХ ИЗДЕЛИЙ:

ООО «Радиокомп» является официальным представителем или дистрибьютором 15 компаний.



- Цифровой вычислительный синтезатор 1508ПЛ8Т
- Микросхема ФАПЧ 1508ПЛ9Т



- Электрические переключатели
- Электромеханические и твердотельные матрицы



- Фильтры на сосредоточенных элементах и диэлектрических резонаторах, керамические, волноводные, трубчатые, с цифровым управлением
- Диплексоры и дуплексоры



- Подстроечные конденсаторы (воздушные, диэлектрические, керамические, на стекле и сапфире)
- Немагнитные изделия (диоды, индуктивности, трансформаторы, резисторы, конденсаторы, соединители)



- Кварцевые генераторы, резонаторы, фильтры
- Генераторы и фильтры на ПАВ
- Гибридные модули



- Рубидиевые стандарты частоты и времени, в т.ч. синхронизованные по сигналам навигационных систем



- СВЧ генераторы с уровнем фазовых шумов -163 дБн/Гц (10 кГц) на частоте 10 ГГц
- Приборы для измерения фазовых шумов



- Малошумящие кварцевые генераторы (ОСХО) с уровнем фазовых шумов -178 дБн/Гц (10 кГц)
- Генераторы на диэлектрических резонаторах с фазовой автоподстройкой частоты (3.5-13.0 ГГц)
- Миниатюрные логарифмические усилители
- Миниатюрные частотные дискриминаторы
- Цифровые фазовые детекторы
- Ограничители
- Твердотельные СВЧ переключатели
- Квадратурные схемы
- AC/DC, DC/DC преобразователи



- Мощные (до 500 Вт) высокочастотные полевые транзисторы
- Усилители мощности на частоты до 1,5 ГГц



- Вращающиеся переходы для систем спутниковой связи и средств управления воздушным движением



- Соединители
- Кабельные сборки
- Корректоры фазы
- Согласованные нагрузки
- Внутрисерийные и межсерийные адаптеры
- Фиксированные аттенуаторы
- Блокировки по постоянному току
- Герметичные вставки
- Многоотводные линии задержки
- Линии задержки, управляемые напряжением
- Пассивные линии задержки с механическим изменением запаздывания
- Программируемые линии задержки
- Генераторы импульсов (перестраиваемые напряжением, программируемые)
- Кодеры/декодеры Манчестера



- Индуктивности
- Трансформаторы
- Фильтры
- Дроссели



- Генераторы Ганна
- Усилители СВЧ
- Смесители
- Детекторы
- Умножители частоты
- Конверторы частоты
- Радиометры



- Антенны
- Волноводные адаптеры
- Аттенуаторы (фиксированные, программируемые, с ручной перестройкой)
- Нагрузки
- Направленные ответвители
- Делители мощности
- Фильтры
- Перестраиваемые фазовращатели
- Волноводные СВЧ переключатели
- Элементы волноводного тракта



- Диоды и транзисторы СВЧ
- Усилители СВЧ
- Умножители частоты
- Аттенуаторы
- Переключатели СВЧ
- Делители частоты

- Транспондеры
- Смесители
- Фазовращатели
- Генераторы, управляемые напряжением
- Генераторы на диэлектрических резонаторах
- Изготовление заказных чипов (до 110 ГГц)



- Модуляторы / демодуляторы
- Делители мощности
- Усилители
- Коаксиальные адаптеры
- Аттенуаторы
- Кабельные сборки
- Дроссели
- Направленные ответвители
- Фильтры
- Ограничители
- Смесители
- Умножители частоты
- Фазовые детекторы
- Фазовращатели
- Переключатели
- Синтезаторы частот
- Нагрузки
- ВЧ трансформаторы
- Генераторы, управляемые напряжением



- Калибровочные источники белого гауссовского шума в полосе от 0.1 Гц до 40 ГГц



- Встраиваемые тепловизионные модули

текающий через SR_1 , уменьшается со скоростью V_0/L_{O2} . В то время как две выходные катушки индуктивности делят ток нагрузки между собой, через транзистор SR_1 течет весь ток нагрузки. Вторичная обмотка трансформатора поддерживает только ток $i_{L_{O1}}$, поэтому в первичной обмотке трансформатора появляется индуцированный ток $i_{L_{O1}}/n$, накладывающийся на ток намагничивания, сумма которых составляет ток в первичной обмотке i_{pri} . На самом деле, из-за индуктивных утечек V_{T2} несколько ниже, чем показано на рисунке 2. Однако этот факт не рассматривается для упрощения анализа.

Когда S_1 выключается, начинается режим 3 — режим восстановления. Поскольку выходная емкость транзистора S_2 разряжается, напряжение V_{T1} уменьшается. И, в конце концов, когда напряжение на выходной емкости транзистора S_2 становится равным V_{cb} , напряжение V_{T1} обращается в нуль. В это время открывается диод транзистора SR_2 , поскольку на нем устраняется напряжение обратного смещения. Затем в этом режиме одновременно включаются оба транзистора SR_3 . Диод транзистора S_2 открывается после того, как выходная емкость транзистора S_2 полностью разрядится, а емкость транзистора S_1 полностью зарядится. После того как оба транзистора SR включатся, через катушки начинают течь токи $i_{L_{O1}}$ и $i_{L_{O2}}$, а их скорости нарастания, соответственно, оказываются равными V_0/L_{O1} и V_0/L_{O2} , а напряжения v_{T1} и v_{T2} становятся равными нулю. Это приводит к быстрой смене полярности тока в первичной обмотке, поскольку напряжение V_{cb} теперь прикладывается только к индуктивности рассеяния.

Условия переключения по нулевому напряжению (ZVS) для транзистора S_2 достигаются вслед за открытием диода транзистора S_2 , после чего транзистор S_2 включается.

УРАВНЕНИЯ И РАСЧЕТЫ

Продолжительность режима 2 равна:

$$D_{loss2} = \frac{I_0}{n} \cdot \frac{L_{lk}}{DV_{in} \cdot T_s} \quad (1)$$

Режим 4, еще один режим передачи мощности, начинается по окончании переключений между транзисторами SR . Приложенное напряжение к первичной обмотке трансформатора равняется V_{cb} , ток намагничивания уменьшается со скоростью V_{cb}/L_m , а скорость нарастания $i_{L_{O2}}$ равна $(V_{cb}/n - V_0)/L_{O2}$. Ток другой катушки индуктивности отводится через транзистор SR_2 . Как видно из рисунка 2, больших пульсаций токов через выходные катушки удается избежать благодаря сдвигу фаз между ними. Поэтому в удвоителе тока могут быть использованы две меньшие катушки индуктивности по сравнению с мостовыми выпрямителями или выпрямителями с отводом от средней точки.

После выключения транзистора S_2 начинается очередной режим восстановления — режим 1. Принцип его работы практически тот же, что и у режима 3, за исключением ZVS-условий. В режиме 1 напряжение V_{T1} обращается в нуль в момент, когда напряжение на выходной емкости транзистора S_1 становится равным $V_{in} - V_{cb}$. До этого момента ток нагрузки, протекающий через катушку индуктивности L_{O2} , индуцируется в первичную обмотку трансформатора, что помогает достичь условий переключения ZVS.

И, наоборот, начиная с этого момента, накопленная в индуктивности рассеяния энергия должна идти только на заряд и разряд выходной емкости ключей. Поскольку $V_{in} - V_{cb}$, как правило, больше, чем V_{cb} , достичь ZVS-условий для транзистора S_1 гораздо труднее, чем для S_2 . Другие моменты можно проанализировать таким же образом, как и в режиме 3. Продолжительность режима 1 определяется следующим образом:

$$D_{loss1} = \frac{I_0}{n} \cdot \frac{L_{lk}}{(1-D)V_{in} \cdot T_s} \quad (2)$$

При помощи уравнений (1) и (2) можно рассчитать выходное напряжение:

$$V_0 = \frac{L_m}{L_m + L_{lk}} \left(\frac{D(1-D)V_{in}}{n} - \frac{I_0 L_{lk}}{n^2 T_s} \right) - V_{SR} \quad (3)$$

где V_{SR} — напряжение на МОП-транзисторе в режимах передачи мощности в нагрузку

Постоянную и переменную (пульсирующую) составляющие i_m можно описать следующими выражениями:

$$I_m = (1-D) \frac{I_{L_{O2}}}{n} - D \frac{I_{L_{O1}}}{n} \quad (4)$$

$$\Delta i_m = (DT_s - D_{loss1} T_s) \cdot \frac{(1-D)V_{in}}{L_m + L_{lk}} \quad (5)$$

где $I_{L_{O1}}$ и $I_{L_{O2}}$ — постоянные составляющие токов выходных катушек индуктивности.

ПРИМЕР СХЕМЫ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

В этом разделе мы рассмотрим пример разработки блока питания персонального компьютера с выходным

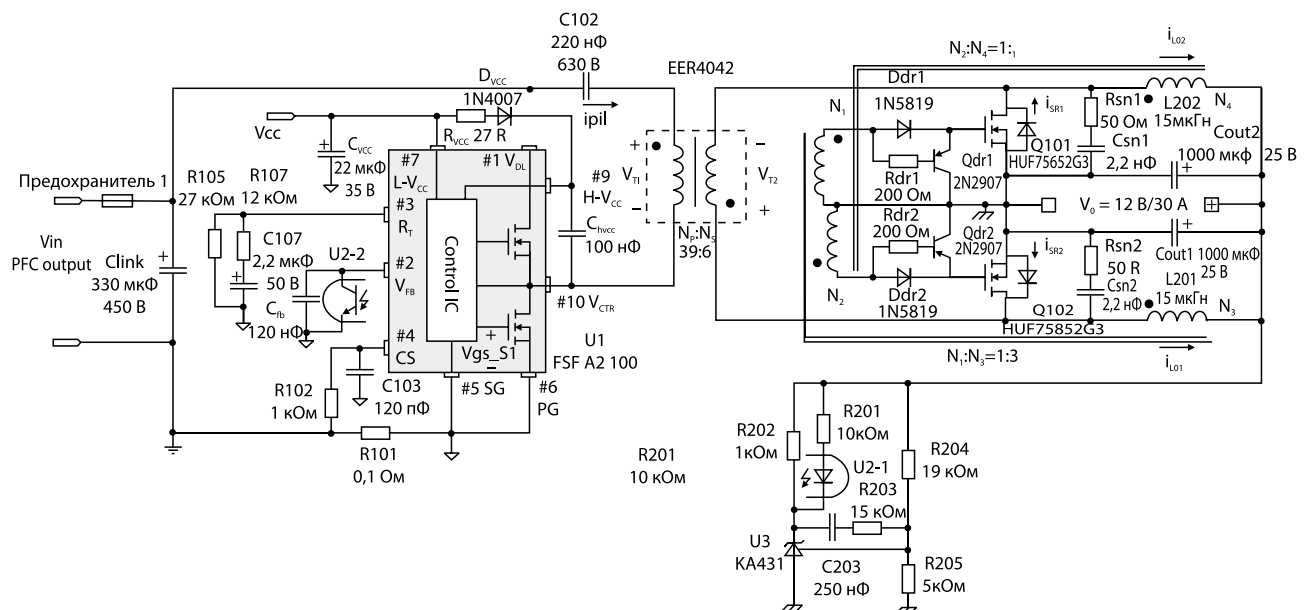


Рис. 3. Пример разработки блока питания для ПК мощностью 360 Вт (12 В, 30 А)

Honeywell



SICK



TDK



Panasonic
Ideas for Life

CRYDOM

DATA VISION



Kingbright



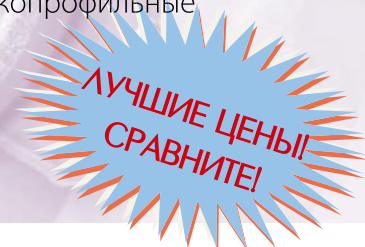
velleman

ТАНТАЛОВЫЕ ЧИП КОНДЕНСАТОРЫ 293D



Лучший выбор для приложений, где требуется малая площадь, стабильные электрические параметры, высокая надежность и долгий срок службы.

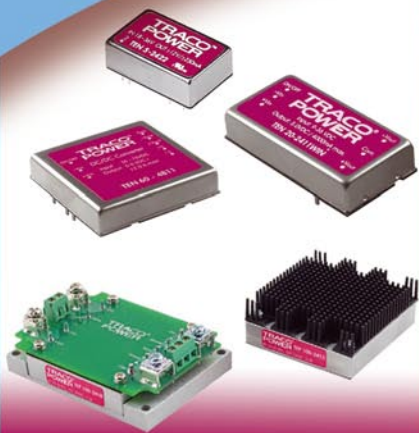
- Диапазон емкостей от 0.1 до 680 мкФ при точности 10%
- Рабочее напряжение от 4 до 50 В
- Расширенный температурный диапазон -55...85°C
- Различные типы герметичных корпусов, включая низкопрофильные
- Низкое значение ESR
- 100% тестирование на превышение по току
- Пригодны для автоматизированного монтажа



Офисы в Москве: м. Молодежная: ул.Ивана Франко, 40, стр.2, (495) 97 000 99, platan@aha.ru;
м. Новослободская: 1-й Щемилковский пер., 16, стр.2 (495) 744 70 70, platan@platan.ru
Офис в Санкт-Петербурге: ул. Зверинская, 44 (812) 232 88 36, baltika@platan.spb.ru

DC/DC преобразователи для ответственного применения Серии TEN и TER

TRACO POWER



- **Мощность: от 3 до 200Вт**
- **Входное напряжение от 4,5 до 75В**
- **Выход: один, два или три канала от 3.3 до 48В**
- **Монтаж на плату или шасси**
- **Стандарты безопасности и ЭМС**
- **Температурный диапазон от -40 до +85 °С**
- **Самая высокая плотность мощности**
- **Гарантия производителя 3 года**

Порадуйте Ваше оборудование качественным питанием!

www.argussoft.ru

ARGUSSOFT

- **Москва**
Тел.: (495) 660-2855
Факс: (495) 660-2855
E-mail: cnp@argussoft.ru
- **Санкт-Петербург**
Тел.: (812) 412-0107
Факс: (812) 412-1849
E-mail: spb@argussoft.ru
- **Новосибирск**
Тел.: (383) 227-1155
Факс: (383) 222-4031
E-mail: nsk@argussoft.ru
- **Екатеринбург**
Тел.: (343) 378-3242
Факс: (343) 378-3241
E-mail: ural@argussoft.ru
- **Казань**
Тел.: (843) 293-4100
Факс: (843) 293-4100
E-mail: kazan@argussoft.ru



ОФИЦИАЛЬНЫЙ
ДИСТРИБЬЮТОР

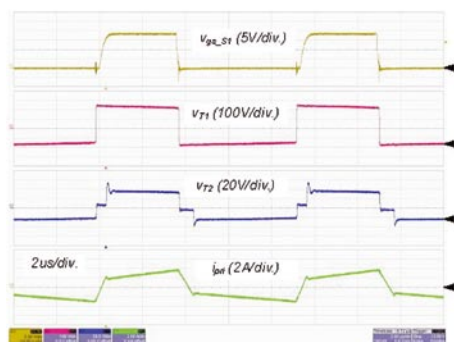


Рис. 4. Напряжение на затворе транзистора S_1 , напряжения в первичной и вторичной обмотках основного трансформатора и ток в первичной цепи

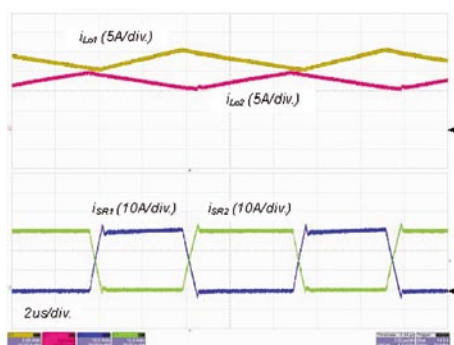


Рис. 5. Токи в выходных катушках индуктивности и токи через транзисторы SR

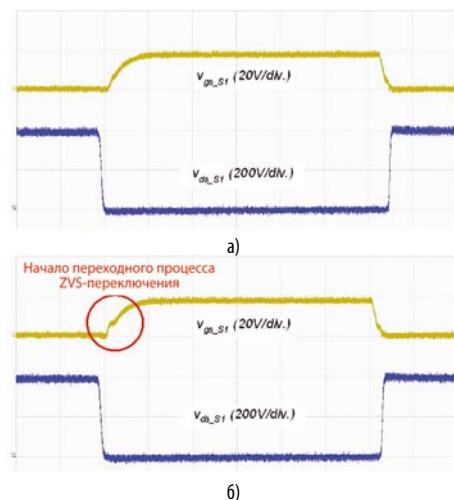


Рис. 6. ZVS-переключения: а) 30% нагрузки; б) 20% нагрузки

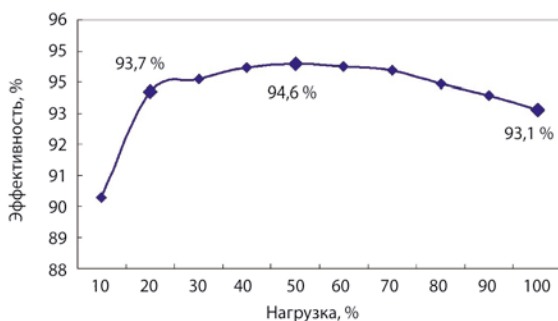


Рис. 7. Измеренная эффективность

Таблица 1. Электрические характеристики основного трансформатора

	Выводы	Спецификация	Примечание
Индуктивность намагничивания	1,8	600 мкГн (обычно) (600 мкГн ± 5%)	100 кГц, 1 В Все остальные выводы открыты
Индуктивность рассеяния	1,8	20 мкГн ± 10%	100 кГц, 1 В Все остальные выводы замкнуты

напряжением 12 В и током нагрузки 30 А. Поскольку входной сигнал, как правило, приходит со схемы коррекции коэффициента мощности (ККМ), диапазон входных напряжений не очень широк.

Разрабатываемое устройство имеет следующие характеристики:

- номинальное входное напряжение: 390 В постоянного тока;
- диапазон входного напряжения: 370 ~ 410 В постоянного тока;
- выходное напряжение: 12 В;
- выходной ток: 30 А;
- частота переключений: 100 кГц.

На рисунке 3 показана схема, соответствующая данным требованиям. Электрические особенности трансформатора описаны в таблице 1.

На рисунках 4 и 5 показаны экспериментальные данные, полученные при работе преобразователя при номинальном входном напряжении и полной выходной мощности. На рисунке 4 показаны: напряжение на затворе транзистора S_1 , напряжения в первичной и вторичной обмотках основного трансформатора и ток в первичной цепи. Следует отметить, что эти данные хорошо согласуются с теоретическим анализом — это касается ZVS-условий переключений. На рисунке 5 показаны токи в выходных катушках индуктивности и токи через транзисторы SR. Токи через выходные катушки индуктивности несбалансированы, что связано с коэффициентом заполнения и наличием паразитных компонентов. Это означает, что усредненный ток намагничивания в данном случае будет всегда меньше, чем в выпрямителях с отводом от средней точки [1].

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

На рисунке 6 показаны ZVS-переключения при различных условиях нагрузки. При этом отображены напряжения на стоке и на затворе нижнего ключа при разных мощностях нагрузки (20 и 30%).

ЛИТЕРАТУРА

1. Hong Mao, Songquan Deng, Yangyang wen, and Issa Batarseh, «Unified steady-state model and DC analysis of half-bridge DC-DC converters with current doubler rectifier,» APEC '04. Nineteenth Annual IEEE, Vol. 2, 2004, pp. 786—791.
2. Yu-Chieh Hung, Fu-San Shyu, Chih Jung Lin, and Yen-Shin Lai, «Design and implementation of symmetrical half-bridge DC-DC converter,» The Fifth International Conference on PEDS 2003. Vol. 1, Nov. 2003 pp. 338—342.
3. Y. Panov and M.M. Jovanovic, «Design and performance evaluation of low-voltage/high-current DC/DC on-board modules,» IEEE Transactions on Power Electronics, Vol. 16, Issue 1, Jan. 2001 pp. 26—33.



Космические технологии по земным ценам в Ваших руках!
Программируемая логика для коммерческого, промышленного и авиационно-космического применений



Корпорация выпускает широкий спектр однократно и многократно программируемых ПЛИС на основе технологий Antifuse и Flash, которые успешно применяются в различных областях: от бытовых портативных устройств до авиационно-космической аппаратуры. В новом поколении семейств Flash ПЛИС Actel, к легендарной надежности программируемой логики Actel добавилась высокая производительность и низкая цена.



- Минимальное энергопотребление
- Энергонезависимость
- Готовность к работе по включению питания
- Высочайшая надежность
- Иммуниет к сбоям под воздействием тяжелых частиц
- Защита от несанкционированного копирования
- Высокая производительность
- Выгодное соотношение цены и качества

Представительство Actel в России и Украине:

196066, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., 212 Тел./факс: +7 (812) 740 62 09 www.actel.ru
 Бесплатный звонок со всех мобильных и стационарных телефонов: 8-800-100-62-09

ЮЕ-Интернейшнл
 ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

TDK-Lambda



- Гарантия 2 года
- Мощность до 100 Вт
- Широкий диапазон рабочих температур (-25...+71C)

ВСЕГДА В НАЛИЧИИ НА СКЛАДЕ
низкопрофильные источники DSP-серии

- Санкт-Петербург (812) 324-40-08
- Москва (495) 783-96-62
- Екатеринбург (343) 365-90-40

www.yeint.ru

- Новосибирск (383) 227-62-63
- Самара (846) 264-80-47
- Нижний Новгород: (831) 220-59-64

yesupport@yeint.ru