

Компактные источники питания AC/DC для жёстких условий внешней среды

Виктор Жданкин (Москва)

Надёжная работа при повышенных и пониженных температурах среды является непростой задачей для преобразователей переменного напряжения в постоянное со встроенными корректорами коэффициента мощности, особенно в тех случаях, когда они применяются в электронном оборудовании с ограничениями на габариты.

Малогоабаритные DC/DC-преобразователи нашли применение в миллионах электронных изделий и систем. Как правило, DC/DC-преобразователь зависит от входного источника питания, который преобразует напряжение первичной сети в выпрямленное и отфильтрованное напряжение, которое поступает на преобразователь. Ограничительные нормы на уровни гармоник тока сети (ГОСТ Р 51317.3.2-99) требуют, чтобы эти функциональные блоки имели на входе корректоры коэффициента мощности (КМ) для уменьшения эмиссии гармонических составляющих тока. Определённой проблемой для разработчиков также является обеспечение небольших габаритов преобразователей при работе в неблагоприятных условиях окружающей среды и экстремальных температурах.

Традиционные решения для распределённых систем электропитания

В традиционных схемах с распределённой архитектурой электропитания, для ускорения переходных процессов и повышения эффективности [1–4] DC/DC-преобразователи без гальванической развязки между входом и выходом размещаются на печатной плате в непосредственной близости от питаемой нагрузки (point-of-load – POL). Такие преобразователи обеспечиваются электропитанием от DC/DC-преобразователей большой мощности с гальванической развязкой, которые также установлены на печатной плате. Последние обычно снабжаются высокими напряжениями 48 или 24 В от внешнего источника питания AC/DC со встроенным корректором коэффициента мощности (ККМ) и принудительным воздушным охлаждением (см. рис. 1).

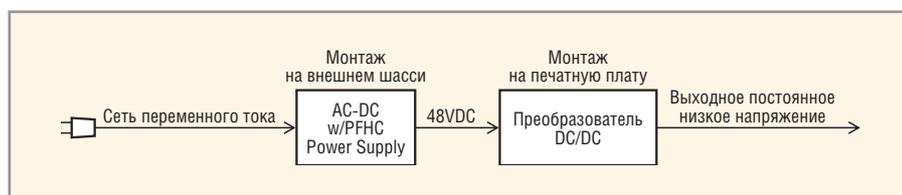


Рис. 1. Традиционная схема распределённой системы электропитания с входным источником питания AC/DC, установленным за пределами печатной платы

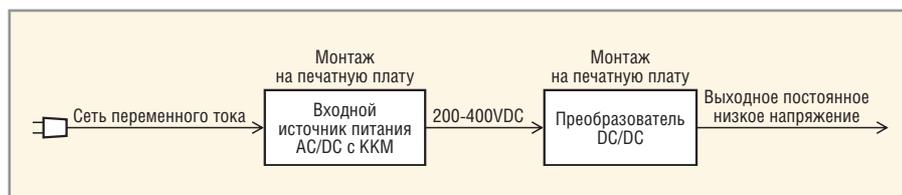


Рис. 2. Структура системы распределения электропитания с входным источником питания AC/DC, установленным на системной печатной плате

Описанная схема питания является рациональной для большинства применений. Однако в тех случаях, когда система электропитания должна обеспечивать оборудование, которое расположено в наружном корпусе и занимает минимальный объём, более распространённым является решение на основе законченного модуля в формате *brick* («кирпич»).

Усовершенствованные методы распределения электропитания

Ведущие производители DC/DC-преобразователей, такие как компания TDK-Lambda, поставляют модули входных преобразователей переменного напряжения в постоянное со встроенным корректором КМ, предназначенные для установки на печатную плату. Модули формируют высокое выходное напряжение (типичное значение 360 В) и снабжают электропитанием DC/DC-преобразователи повышенной мощности (400...700 Вт), выполненные в корпусах форматов *half-brick* и *full brick*, которые способны работать с высокими входными напряжениями (200...400 В). Такой способ имеет преимущество благодаря размещению всех силовых компонентов на одной печатной плате, что уменьшает размеры конечного изделия и упрощает межкомпонентные соединения (см. рис. 2).

Входные модули AC/DC с встроенным корректором КМ требуют применения внешних пассивных компонентов (накопительных и фильтрующих конденсаторов и т.д.), но площадь, необходимая для размещения этих изделий, меньше по сравнению с исключением внешних источников питания AC/DC, выполненных в металлических корпусах, и эти внешние компоненты могут быть установлены при производстве печатной платы. Дополнительным преимуществом использования модулей является то, что отвод тепла осуществляется через металлическое основание корпуса, поэтому можно

обойтись без вентиляторов благодаря охлаждению, осуществляемому через внешние теплоотводы (см. рис. 3) или металлический корпус системы.

Новые модули AC/DC «два в одном» в формате brick

Современные достижения в технологии конструирования модулей питания позволили уменьшить размер двух корпусов в формате *brick* до малогабаритных силовых модулей формата *brick*, вмещающих два модуля в одном корпусе и предназначенных для установки на печатную плату.

Увеличение удельной мощности достигнуто за счёт применения в качестве материала магнитопровода трансформатора и дросселей специального пермаллоя. Новые материалы подложки печатной платы и современная технология намотки трансформатора способствуют уменьшению высоты компонентов и улучшению теплового режима. Кроме того, достижения в области интегральных и гибридных интегральных микросхем позволили улучшить электрические и тепловые параметры силовых изделий нового поколения.

Серия PFE силовых модулей AC/DC, объединяющих в одном корпусе формата *brick* два узла (корректор КМ и DC/DC-преобразователь), представляет новый тип источников питания. Модули могут использоваться в помещениях и наружном оборудовании, особенно там, где аппаратура должна функционировать при повышенных температурах окружающей среды.

Все модели серии PFE снабжены активным корректором КМ и способны работать от однофазной сети переменного тока при предельных отклонениях

напряжения от 85 до 265 В (пределы изменения частоты сети 47...63 Гц, для серии PFE-S – 440 Гц). В таблице приведены основные выходные параметры преобразователей серии PFE. На рисунке 4 показан внешний вид модулей питания AC/DC серии PFE500F. Модули выполнены в стандартном корпусе с габаритами *full-brick*, что обеспечивает 50%-экономии площади платы по сравнению с традиционными решениями (см. рис. 5).

Модели PFE300S и PFE500S обеспечивают на выходе стабилизированные напряжения с номинальными значениями 12, 28 и 48 В, которые регулируются в пределах $\pm 20\%$ от номинального напряжения. Модели с выходным напряжением 12 В обеспечивают мощность в нагрузке 396 Вт при максимальной температуре основания корпуса $+85^{\circ}\text{C}$, тогда как модели с выходными напряжениями 28 и 48 В обеспечивают мощность 504 Вт при температуре основания корпуса $+100^{\circ}\text{C}$ (PFE500S). Нестабильность по напряжению и току не превышает 0,4%. Для применения в распределённых системах электропитания рекомендуются модули с выходным напряжением 12 В, поскольку они непосредственно могут обеспечивать питанием преобразователи POE. Применение комбинированного модуля AC/DC без необходимости использования промежуточной шины для многочисленных недорогих преобразователей POE обеспечивает значительное снижение себестоимости и повышение эффективности системы питания (см. рис. 6).

Модуль PFE700S с нестабилизированным выходным напряжением способен обеспечить мощность 714 Вт

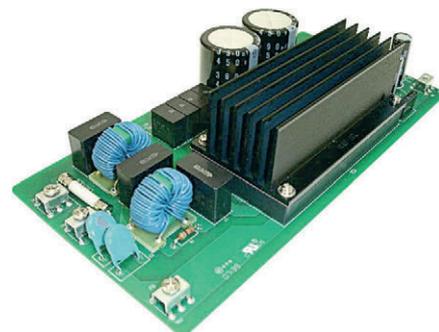


Рис. 3. Пример конструктивного оформления платы источника питания на основе модуля PFE500-S с внешним теплоотводом



Рис. 4. Внешний вид модулей преобразователей AC/DC серии PFE500F

при выходном напряжении 51 В и может применяться в качестве формирователя напряжения промежуточной шины для снабжения напряжением DC/DC-преобразователей со стабилизированным выходом в применениях, требующих различных значений выходных напряжений. Максимальная температура основания корпуса составляет $+100^{\circ}\text{C}$, выходная мощность снижается линейно до 85% от максимальной при температурах свыше $+85^{\circ}\text{C}$. Нестабильность модуля PFE700S по напряжению и току составляет 4 В.

Новые модели PFE500F, выполненные в несколько больших по размеру корпусах ($70 \times 122 \times 12,7$ мм), дополняют хорошо зарекомендовавшие

Преобразователи серии PFE300-1000

Модель	Номинальное выходное напряжение, В	Диапазон регулировки выходного напряжения, В	Максимальный ток нагрузки, А	Максимальная мощность в нагрузке, Вт	Нестабильность выходного напряжения, мВ	КПД, %
PFE300S-12	12	9,6...14,4	25	300	48	83
PFE500S-12	12	9,6...14,4	33	396	48	83
PFE500F-12	12	9,6...14,4	42	504	48	83
PFE1000F-12	12	9,6...14,4	60	720	48	82
PFE300S-28	28	22,4...33,6	10,8	302	56	85
PFE500S-28	28	22,4...33,6	18	504	56	86
PFE500F-28	28	22,4...33,6	18	504	56	86
PFE1000F-28	28	22,4...33,6	36	1008	56	86
PFE300S-48	48	38,4...57,6	6,3	302	96	86
PFE500S-48	48	38,4...57,6	10,5	504	96	86
PFE500F-48	48	38,4...57,6	10,5	504	96	86
PFE1000F-48	48	38,4...57,6	21	1008	96	86
PFE700S-48	51	Не регулируется	14	714	(50-57 В)	89

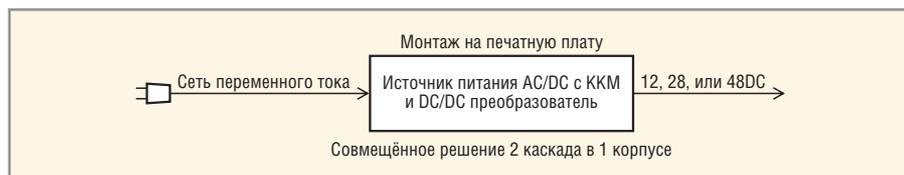


Рис. 5. Схема силового модуля AC/DC, объединяющего в одном корпусе формата brick каскад активного корректора КМ и основной DC/DC-преобразователь

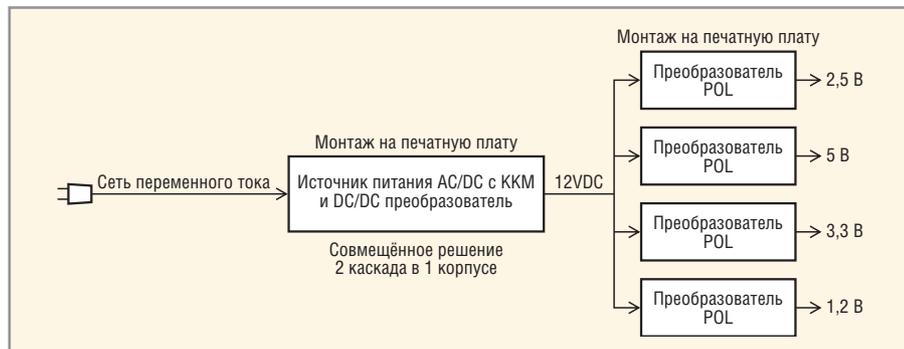


Рис. 6. Распределённая система электропитания с формированием напряжения 12 В для преобразователей POL с модулем AC/DC и встроенным корректором КМ

себя модули серии PFE новыми функциональными возможностями. Симметрирование выходного тока обеспечивает параллельную работу до шести модулей PFE500F, что позволяет увеличить выходную мощность системы. Сервисная функция дистанционного включения/выключения и сигнализация о статусе преобразователя (Inverter Operation Good – IOG) обеспечивают гибкость при формировании программного включения или отключения отдельных модулей системы электропитания и диагностике отказов системы питания. Предусмотрен также дополнительный выходной канал 12 В (20 мА) для питания внешних схем. Эта серия модулей, предназначенных для монтажа на печатную плату, существенно увеличивает гибкость систем питания также и за счёт специальных заказных комплектов, которые может предложить компания TDK-Lambda.



Рис. 7. Герметизированные модули питания серии PFE1000F: больше функциональных возможностей в одном корпусе формата brick

Модели PFE500F обеспечивают стабилизированные выходные напряжения с номинальными значениями 12, 28 и 48 В ($\pm 20\%$). Модуль с 12-В выходом PFE500F-12 обеспечивает мощность в нагрузке до 504 Вт при максимальной температуре основания корпуса $+85^\circ\text{C}$, тогда как приборы с выходными напряжениями 28 и 48 В обеспечивают такую мощность при температуре $+100^\circ\text{C}$. Нестабильность по напряжению и току составляет 0,4%, а значение КПД превышает 83% для всех моделей (при входном напряжении 230 В).

Во многих областях применения увеличился спрос на источники питания с выходной мощностью 1000 Вт. Реагируя на запросы рынка, компания TDK-Lambda начала выпуск источников питания AC/DC с указанной выходной мощностью.

Одноканальные модули питания серии PFE1000F обеспечивают стабилизированное выходное напряжение с номинальными значениями 12, 28 или 48 В ($\pm 20\%$). Модули серии PFE1000F способны работать при температуре основания корпуса $-40...100^\circ\text{C}$. Значения КПД составляют 82...86% в зависимости от выходного напряжения.

Гальваническая развязка первичных цепей от вторичных цепей и корпуса составляет 3 и 2,5 кВ соответственно (действующее значение). Модули оснащены комплексной защитой от перенапряжения, перегрузки по току и перегрева.

Габариты корпуса модуля PFE1000F составляют $100 \times 13,5 \times 160$ мм, отвод тепла осуществляется через печатную плату или с помощью внешних теплоотводов. Эти уникальные модули обеспечивают удобное решение для монтажа AC/DC-преобразователя на печатную плату с выходной мощностью до 1008 Вт для самых разнообразных применений.

На рисунке 7 показан внешний вид модулей питания серии PFE1000F с выходными напряжениями 12, 28 и 48 В. Более подробно с особенностями эксплуатации модулей питания серии PFE можно ознакомиться на интернет-странице www.densei-lambda.com [5, 6].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В девятом издании отчёта AC-DC Power Supplies: Economic Factors, Applications Drivers, Architecture/Packaging Trends, Regulatory and Technology Developments, подготовленного аналитической компанией Darnell Group (www.darnell.com), отмечается изменение парадигмы на мировом рынке источников питания AC/DC. По результатам этих исследований, через несколько лет источники питания AC/DC будут отличаться ускоренным ростом по сравнению с модулями DC/DC-преобразователей для монтажа на печатную плату. В своё время производители силовых преобразователей обратили внимание на модули преобразователей DC/DC из-за высоких темпов роста, но в результате влияния новых факторов источники питания AC/DC теперь имеют более благоприятные перспективы по сравнению с модулями преобразователей DC/DC.

Ожидается, что к 2013 г. годовые темпы роста источников питания AC/DC составят около 6% по сравнению с годовыми темпами роста 5,5% для устанавливаемых на плату DC/DC-преобразователей. Такое различие может показаться небольшим, но ещё в 2007 г. годовой рост источников питания AC/DC составлял 6%, а темпы роста модулей преобразователей DC/DC достигали 8,6%. За последние 15 лет объём продаж модулей преобразователей DC/DC увеличивается быстрее, чем объём продаж источников питания AC/DC для встраиваемых применений.

Технологические и архитектурные решения смещаются к одноканаль-

ным и входным (front-end) источникам питания, формирующим напряжение промежуточной шины системы электропитания. Это обусловлено сложностью применяемого электронного оборудования, которое использует растущее число каналов напряжений, что делает многоканальные источники питания непрактичными. Появление систем освещения на светодиодах является ещё одним стимулом развития рынка одноканальных источников питания.

Цифровое управление преобразованием напряжения и мониторинг определённых функций с помощью микроконтроллеров внедряются в источники питания AC/DC в последние несколько лет [7, 8]. Архитектуры с цифровым управлением для преобразования напряжения и управления электропитанием [9] утвердились в качестве основы современных технологий.

Рынок источников питания AC/DC находится под сильным влиянием ряда технологических и регулирующих факторов, которые варьируются в разных приложениях и включают как благоприятные возможности, так и

риски. Назовём основные из них: растущая потребность в коррекции коэффициента мощности, связанная с увеличением средней мощности приложений [10]; дальнейшее развитие питания через Ethernet (Power over Ethernet – PoE) [11]; развитие модульных систем ATCA (Advanced Telecom Computing Architecture) [12]; возрастающая эффективность источников питания, обусловленная как регулирующими законами (стандартами), так и экономическими реалиями.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Жданкин В.К.* Преобразователи напряжения для современных высокопроизводительных цифровых систем. Современные технологии автоматизации. 2002. № 4. С. 40–50.
2. *Чанов Л.* Микросхемы силовой электроники в распределённых системах электропитания. Электронные компоненты. 2006. № 6. С. 45–48.
3. *Brondi D.* How to get a green design for point-of-load power conversion. ElectronicsWeekly. 2008. No. 2359. PP. 24–27.
4. *Луккин А.В.* Распределённые системы электропитания. Электронные компоненты. 1997. № 7; 1998. №№ 2, 3.

5. PFE500F-PFE1000F SERIES Instruction Manual. DWG. No.: C250-04-11A. Densel-Lambda, September 2008.
6. PFE500F/EB Instruction Manual and Electrical Characteristics. PFE500F Series Evaluation Board. Densel-Lambda, 2008.
7. Микроконтроллеры и управление импульсными источниками питания. Внедрение полностью цифрового контура управления. Chip News. 2007. № 7.
8. *Жданкин В.К.* Цифровое управление преобразованием напряжения – это уже реальность. Силовая электроника, 2009. № 1.
9. *Дювинейдж Ф.* Использование микроконтроллеров для обеспечения экономически эффективного управления большими компьютерными системами. Электронные компоненты. 2007. № 9.
10. *Brush L.* Power Factor Correction Market Driven by Regulations. Bodo's POWER SYSTEMS. September 2006.
11. *Смит Э.* Широкие возможности Power over Ethernet. Силовая электроника. 2008. № 1.
12. *Виноградов В.И.* Модульные компактные НРС-системы и серверы ATCA для телекоммуникаций и промышленности. Часть 2. Современные технологии автоматизации. 2009. № 1.

