

# Источники питания для медицинского оборудования: тенденции, проблемы и методы проектирования

Печатается с разрешения фирмы XP Power

**Питер Блит (Великобритания)**  
(Перевод с англ. В. Жданкина)

**В статье специалиста компании XP Power представлены технологии, применение которых приводит к улучшению объёмно-массовых показателей и повышению эффективности источников питания для медицинской аппаратуры.**

Габариты медицинской электронной аппаратуры уменьшаются с каждым годом. Конечно, так можно сказать обо всём электронном оборудовании, но в медицине требования к уменьшению габаритов и веса являются одними из самых высоких. Это объясняется не только недостатком места в операционных и палатах, но и использованием всё большего количества медицинской аппаратуры в домашних условиях, во

врачебных кабинетах, а также в автомобилях и на борту самолётов.

За последние 10 лет площадь основания типичного 100-Вт ИП с конвекционным отводом тепла сократилась со  $178 \times 102$  мм в 1998 г. до  $1026 \times 51$  мм, т.е. на 70%. К подобному уменьшению габаритов следует относиться с осторожностью. Миниатюризация корпусов предполагает уменьшение площади рассеивания тепловой мощности, для снижения которой требуется повышать значение КПД. В данной статье рассмотрены основные проблемы, возникающие при разработке ИП, и кратко представлены наиболее эффективные методы, которые в настоящее время используются для проектирования систем электропитания в медицинском оборудовании.

Посредством измерений оцениваются максимальные потери мощности, которую ИП для установки на шасси или в открытом исполнении могут рассеять в виде тепла в модуле с определённой площадью основания; результаты приведены на рисунке 1. Показатели основаны на использовании свободного конвекционного отвода тепла и на сохранении требований к безопасности, установленных соответствующими стандартами. Учитывается также обеспечение приемлемого срока службы и допустимых показателей надёжности.

Отметим, что принудительное охлаждение с помощью вентилятора может значительно улучшить показатели мощности, но за счёт снижения надёжности системы, поскольку электромеханические узлы имеют значительно меньшие показатели надёжности по сравнению с другими компонентами системы. Кроме того, вентиляторы уве-

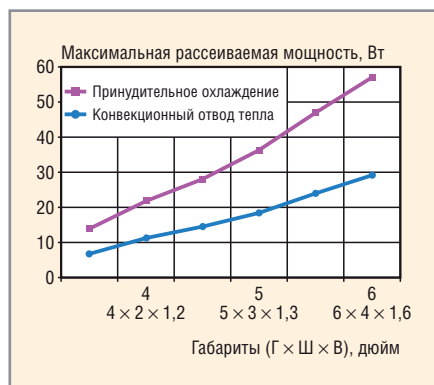
личивают габариты системы и являются источником повышенного акустического шума, весьма нежелательного в медицинских применениях.

На рисунке 2 показана взаимосвязь потерь мощности и КПД. Например, при стандартной (в промышленности) площади основания источника питания  $3 \times 5$  дюймов ( $76,2 \times 127$  мм) при конвекционном отводе тепла можно эффективно отвести около 18 Вт рассеиваемой в модуле тепловой мощности. Экстраполируя характеристическую кривую мощности потерь 20 Вт (см. рис. 2), мы видим, что 120-Вт ИП должен иметь значение КПД не менее 85% при конвекционном отводе тепла, и этого будет достаточно.

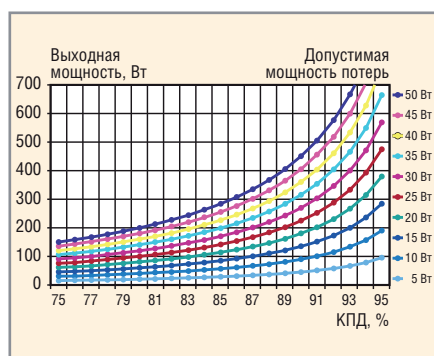
График, представленный на рисунке 2, также демонстрирует существенное влияние, которое небольшое увеличение КПД может оказывать на доступную мощность ИП для данной рассеиваемой мощности. Взяв кривую потерь мощности 20 Вт, определяем, что увеличение КПД с 88% до 93% позволило бы ИП обеспечивать мощность свыше 250 Вт, что лучше, чем значение около 150 Вт при указанной площади основания ИП.

Для разработчика ИП габариты и КПД обычно являются наиболее важными характеристиками. Увеличение частоты преобразования означает, что могут применяться компоненты с меньшими размерами, особенно конденсаторы и индуктивности. Однако потери на переключение возрастают, и источник питания, который мог бы иметь значение КПД 92% при частоте переключения 30 кГц, обеспечит КПД лишь 83% при частоте 200 кГц.

Надёжность всегда имеет первостепенное значение в медицинских применениях, поэтому обеспечение устойчивого и безопасного функционирования системы питания в пределах её максимальных параметров всегда желательно. В конечном счёте стоимость является определяющим фактором пригодности источника питания для данного применения.



**Рис. 1. Зависимость максимальной безопасной рассеиваемой в модуле мощности от габаритов для ИП, предназначенных для медицинского оборудования**



**Рис. 2. Зависимость выходной мощности от минимального значения КПД (при обеспечении соответствия требованиям стандартов безопасности)**

## Принципы обеспечения эффективной конструкции

Существенное уменьшение объёма систем питания за последнее десятилетие было достигнуто совокупностью небольших улучшений как в методах конструирования, так и в технологиях элементной базы. Рассмотрим основные методы проектирования источников питания, которые применяются в настоящее время.

Двухзвенная конструкция входного фильтра на основе сердечников с высоким значением магнитной проницаемости минимизирует размеры и обеспечивает подавление синфазных и дифференциальных составляющих помех. Вертикальная установка компонентов позволяет сэкономить площадь печатной платы и оптимизировать условия охлаждения благодаря лучшему распределению потока воздуха.

Во многих ИП экономически оправданным стало применение карбид-кремниевых (SiC) диодов в схеме корректора коэффициента мощности. Низкое значение обратного тока восстановления SiC-диода позволяет отказаться от применения демпфирующей цепи, что приводит к сокращению числа компонен-

тов, экономии площади и увеличению КПД минимум на 1%.

Топология каскада основного преобразователя в значительной степени влияет на КПД. Для каскадов основного преобразователя источников питания с выходными мощностями 100...200 Вт часто выбирается топология с резонансным переключением. Это способствует эффективному уменьшению коммутационных потерь, позволяя применить теплоотводы с меньшими габаритами и таким образом реализовать лучшие объёмно-массовые показатели и больший КПД.

В некоторых случаях керамические теплоотводы могут заменить металлические. Это приводит к снижению уровня помех, поскольку керамические теплоотводы не имеют ёмкостной связи с цепями стока силовых МОП-транзисторов. Упрощается также фильтрация помех. Дополнительным преимуществом керамических теплоотводов является возможность обеспечения меньших зазоров по сравнению с зазорами, которые необходимы для проводящих металлических радиаторов, чем достигается дополнительное сокращение площади.

Снижение стоимости силовых МОП-транзисторов означает, что они стано-

вятся более распространёнными в каскаде основного выпрямителя источников питания, чем диоды. В этой части схемы возможно увеличение КПД более чем на 40%. Например, диод с допустимым током 20 А и прямым падением напряжения 0,5 В рассеивает 10 Вт, тогда как МОП-транзистор с сопротивлением открытого канала 14 мОм при температуре +100°C рассеивает всего лишь 5,6 Вт. Кроме того, могут быть использованы керамические радиаторы.

Наконец, за последние годы значительно упростились схемы управления, в значительной степени за счёт совмещения функций полупроводниковых компонентов. В настоящее время доступны специальные ИС, которые включают в себя основной преобразователь напряжения и схему автоматической защиты. Благодаря ИС более высокой степени интеграции удобно реализуются сигналы комплексного мониторинга и управления.

## Примеры миниатюризации источников питания

Источники питания новой серии ECS100 фирмы XP Power разработаны

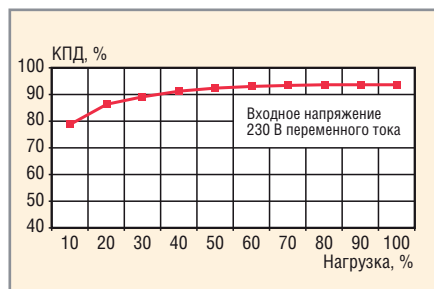


**Рис. 3. Источники питания серии ECS100 (XP Power) обеспечивают в нагрузке мощность 80 Вт, значение КПД 88% даёт возможность использовать конвекционный отвод тепла при данном значении мощности**

с применением самых современных технологий, включая «зелёную» ИС для обеспечения в дежурном режиме потребляемой мощности менее 0,5 Вт.

Ряд источников питания серии ECS является следующим поколением популярной серии ЕСМ; начав с выпуска 100-Вт моделей, компания XP Power в 2009–2010 гг. предложит 40...60-ваттные модели. Модули серии ECS100 обеспечивают при конвекционном охлаждении выходную мощность на 33% больше, чем модули серии ЕСМ60, а при принудительном охлаждении с небольшой интенсивностью воздушного потока – на 66% больше. Серия включает одноканальные модели с выходными напряжениями 12, 15, 24, 28 и 48 В. Модули ECS100 предназначены для работы от однофазной сети переменного тока с диапазоном напряжения от 80 до 264 В (частота 47...400 Гц) и от сети постоянного тока с напряжением 120...370 В.

Площадь основания модулей серии ECS100 на 40% меньше размеров модулей ЕСМ60 при той же выходной мощности. Габариты модулей ECS100 со-



**Рис. 5. Зависимость КПД от выходной мощности источника питания AC/DC CCM250 – при 100% нагрузке потерь в компонентах модуля нет и КПД не уменьшается**



**Рис. 4. Внешний вид высокоэффективного источника питания CCM250 фирмы XP Power**

ставляют 50,8 × 101,6 × 30,5 мм при удельной мощности 10,4 Вт/дюйм<sup>3</sup>.

Высокоэффективные источники питания ECS100 соответствуют требованиям к безопасности стандартов IEC60950-1 и IEC60601-1, а по кондуктивным помехам и помехам излучения соответствуют требованиям EN55022 уровня В. Типовое значение КПД составляет 88%. Диапазон рабочих температур от –20 до +70°С с понижением выходной мощности при температурах выше +50°С. При принудительном охлаждении воздушным потоком обеспечивается мощность 100 Вт, а при конвекционном отводе тепла – 80 Вт. Стандартными являются функции защиты от перенапряжения, перегрузки по току и короткого замыкания. Модули обеспечивают защиту от поражения электрическим током по классу I или II.

На рисунке 3 показаны источники питания серии ECS100 (XP Power) – пример компактных, эффективных ИП, которые уже доступны для заказа; 250-Вт источники питания AC/DC серии CCM250 (см. рис. 4) характеризуются КПД до 95%, что позволяет значительно уменьшить тепловыделение в медицинских, промышленных и других системах.

Качественное улучшение удельной мощности и КПД достигнуто благодаря новым конструктивным решениям, использованным в серии CCM250. Максимальное значение КПД конкурирующих изделий не превышает 90% с преобразованием 10% мощности в отработанное тепло, которое необходимо рассеивать. Пятипроцентное повышение КПД, которое предлагает CCM250,

означает, что источник питания рассеивает вполтину меньше тепла, серьёзно сокращая или исключая потребность системы в теплоотводах или принудительном охлаждении.

Исключение вентиляторов значительно повышает надёжность, снижает уровень акустического шума, упрощает систему и уменьшает её габариты при одновременном снижении стоимости. Низкий уровень акустического шума особенно важен в условиях медицинских учреждений, где требуется соблюдение тишины.

При температуре окружающей среды от –10 до +50°С источники питания серии CCM250 с конвекционным отводом тепла способны отдавать полную мощность в диапазоне входных напряжений от 90 до 275 В и 200 Вт при входных напряжениях ниже 80 В.

По габаритам источники питания серии CCM250 являются наименьшими в своем классе: 152,4 × 101,6 × 39,1 мм, что делает их идеальными для установки в конструктивы высотой 1U. Незаменимы новые ИП и в приложениях, где требуется обеспечивать кратковременное превышение мощности, например, при запуске электромоторов, поскольку они способны отдавать в нагрузку пиковую мощность до 300 Вт в течение 500 мс.

Модули оснащены полным набором функций для управления и мониторинга их состояния: 5-В канал для организации дежурного режима, дистанционное включение/выключение, сигналы состояния входного и выходного напряжений. Полумостовой преобразователь использует эффективную резонансную технологию коммутации силовых ключей при нулевом токе через транзистор; КПД ИП не уменьшается при максимальной загрузке, т.к. потери при переключении силовых транзисторов максимально снижены (см. рис. 5).

Два трансформатора заменены одним, что позволяет уменьшить площадь печатной платы. Цифровое управление формированием управляющих сигналов обеспечивает точную, синхронизированную с частотой кварцевого тактового генератора коммутацию ключевых транзисторов.

Площадь ИП уменьшена благодаря использованию современных методов конструирования. Тепловыделяющие компоненты прикреплены к П-образному шасси, а от магнитных компонентов тепло отводится кондукцией, что позволяет использовать компактные магнитопроводы.

