

# Как улучшить тепловые характеристики модульных импульсных источников питания

В. Ежов

УДК 621.314.1 | ВАК 05.27.01

Один из важнейших современных трендов развития модульных источников питания – миниатюризация, поэтому тепловые характеристики этих устройств становятся ключевым фактором, влияющим на их надежность и срок службы. Есть два способа улучшить тепловые характеристики модульного источника питания: первый – уменьшить тепло от источника, второй – сосредоточиться на отводе тепла и ускорении теплопередачи. В статье обсуждаются современные решения для модульных импульсных источников питания, которые позволяют улучшить тепловые характеристики, повысить их эффективность, уменьшить габариты конечного изделия.

## ОСНОВНЫЕ ВИДЫ ПОТЕРЬ В ИМПУЛЬСНОМ ИСТОЧНИКЕ ПИТАНИЯ

Уменьшить тепловыделение в модульном источнике питания означает снизить потери в них. В настоящее время основным типом модульных источников питания являются импульсные источники питания, потери в которых включают в себя потери при переключении, потери во включенном состоянии, потери в сердечнике и др.

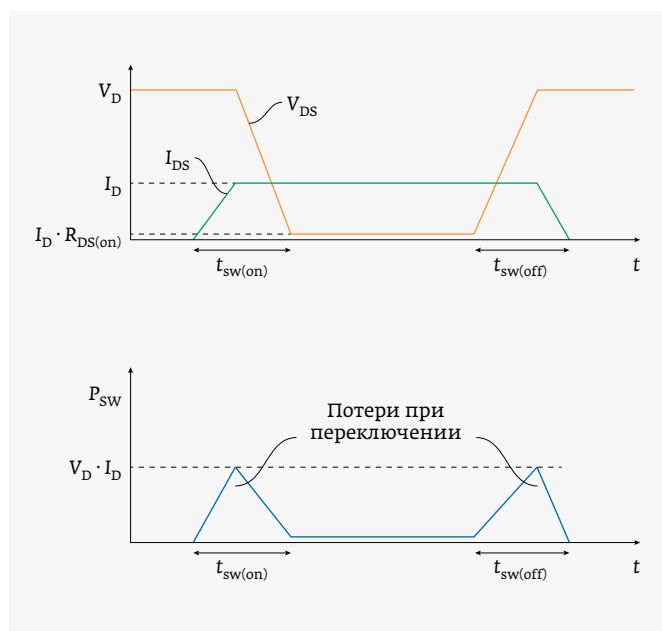


Рис. 1. Диаграмма состояния МОП-ключа

## Потери при переключении

Потери при переключении – это потери, генерируемые силовыми ключами, такими как МОП-транзистор и диод, которые включаются и выключаются в соответствии со скважностью управляющих импульсов. Как показано на рис. 1, состояние МОП-ключа не меняется мгновенно, при этом потери переключения представляют собой площадь перекрытия импульсов тока и напряжения.

Потери при переключении диода – это, преимущественно, потери при обратном восстановлении, то есть

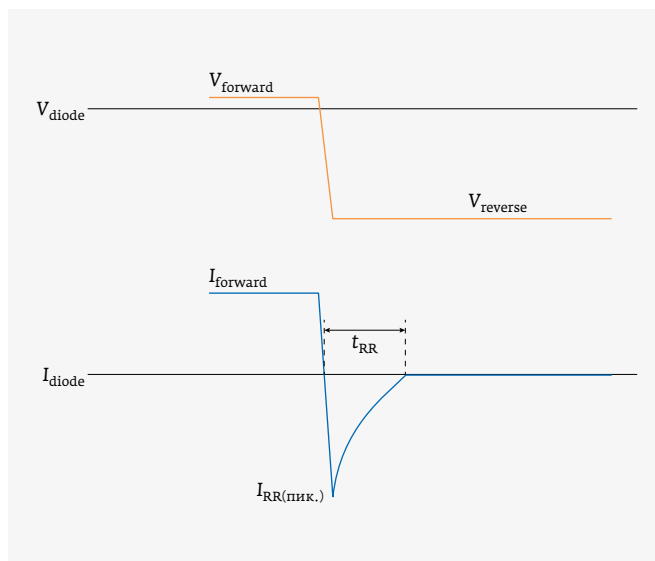


Рис. 2. Обратное восстановление диода

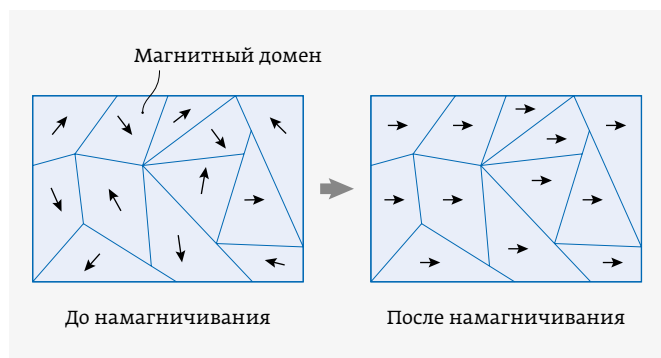


Рис. 3. Схематическое изображение магнитного домена

потери, вызванные восстановлением диода из состояния прямой проводимости в состояние обратной блокировки. Как показано на рис. 2, при восстановлении диода высвобождается заряд, накопленный во время прямой проводимости, после чего генерируется обратный ток  $I_{RR}$ . Область, где этот ток перекрывается с обратным напряжением, – это потери при обратном восстановлении.

### Потери во включенном состоянии

Потери во включенном состоянии состоят из потерь замкнутой цепи в состоянии проводимости, в том числе омические потери (потери в открытом канале МОП-транзистора), потерь проводимости диода и др. Омические потери – это потери мощности, создаваемые током  $I_{loop}$ , протекающим через все сопротивления контура  $R_{loop}$ , их величина равна  $I_{loop}^2 \cdot R_{loop}$ . Потери проводимости диода – произведение тока через диод  $I_d$  на напряжение прямой проводимости  $V_f$ .

### Потери в сердечнике

Потери трансформатора или индуктора включают в себя, главным образом, потери в катушке и потери в магнитном сердечнике. Потери в катушке вызваны сопротивлением катушки трансформатора или индуктора и относятся к омическим потерям. Потери в сердечнике, в основном, включают в себя потери на гистерезис и потери на вихревые токи.

Под потерями на гистерезис понимают потери, вызванные вращающим «движением» магнитного домена сердечника в процессе повторного намагничивания. Как показано на рис. 3, когда магнитный сердечник находится в электрическом поле, его магнитный домен отклоняется под действием намагничивания. Отклонение магнитного домена – это процесс, при котором выделяется тепло.

Переменный магнитный поток, создаваемый трансформатором или индуктором во время работы, будет генерировать индуктивное напряжение. Когда это

напряжение прикладывается к сердечнику, генерируется соответствующий индуктивный ток  $I_L$ . Потери, вызванные индуктивным током, протекающим через сопротивление сердечника  $R_L$ , представляют собой потери на вихревые токи, их величина составляет  $I_L^2 \cdot R_L$ .

Несомненно, в схеме есть и другие виды потерь, описание которых выходит за рамки данной статьи. В настоящее время схемные решения для источников питания основных производителей не сильно различаются, поэтому эффективность модульных источников питания одинаковой мощности и габаритов практически одинакова. Следовательно, улучшение тепловых характеристик источников питания, построенных на основе существующей схемотехники, зависит, в основном, от рассеивания тепла.

## ТЕПЛОВОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ МОДУЛЬНОГО ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ

Тепловыделение можно уменьшить за счет ускорения отвода тепла, то есть за счет снижения теплового сопротивления модульного источника питания. Тепловое сопротивление – это повышение температуры, вызванное единичным теплом, оно отражает теплопередающую способность среды. Базовая единица теплового сопротивления –  $^{\circ}\text{C} / \text{Вт}$ .

Обычно применяют два метода для уменьшения теплового сопротивления: первый – снижение теплового сопротивления между внешней поверхностью изделия и воздухом, второй – уменьшение теплового сопротивления внутри устройства.

Первый метод широко распространен, он основан на ускорении отвода тепла за счет воздушного охлаждения или применения радиатора. Этот метод ускоряет рассеивание тепла на поверхности модульного источника питания, но приводит к увеличению стоимости и габаритов устройства.

Реализуя второй метод, можно эффективно улучшить способность устройства к рассеиванию тепла за счет снижения теплового сопротивления внутри изделия. На рис. 4 показана структура модульного источника питания. Когда тепло передается от тепловыделяющих компонентов за пределы устройства, вначале оно проходит через корпус компонента, затем через герметизирующий материал и, наконец, через корпус источника питания.

Чем выше теплопроводность герметизирующего материала и корпуса устройства, тем лучше тепловые характеристики. Поэтому, чтобы снизить тепловое сопротивление и ускорить отвод тепла, можно использовать герметизирующий материал и корпуса с более высокой теплопроводностью.

Однако, в действительности, есть некоторые факторы, оказывающие большое влияние на тепловое

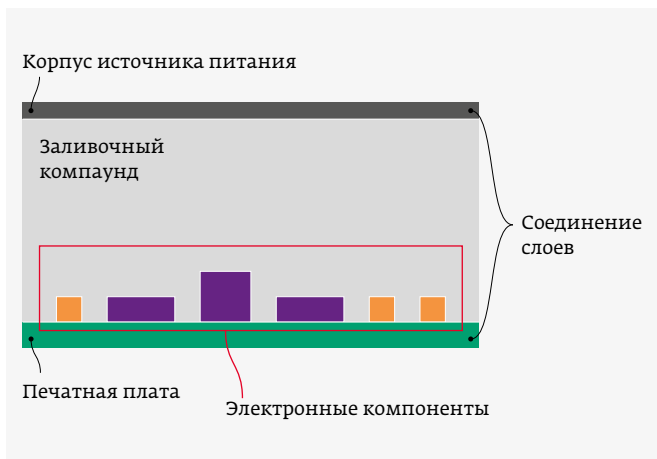


Рис. 4. Структура модульного источника питания

сопротивление, но некоторые из них часто игнорируют. Это, главным образом, полости в герметизирующем материале и зазоры между различными поверхностями сопряжения.

В изделиях, изготовленных с использованием традиционных технологий, внутри множество пустот и зазоров, повышающих термосопротивление, что затрудняет достижение более высоких рабочих температур.

Перспективной технологией для модульных источников питания является технология систем-в-корпусе (СвК). По сравнению с обычной технологией такой подход минимизирует габариты изделия, повышает

удельную мощность, снижает количество и уменьшает размеры пустот и зазоров. Таким образом, источники питания, выполненные с применением технологии СвК, отличаются более низким тепловым сопротивлением и более эффективным рассеиванием тепла, что может значительно улучшить тепловые характеристики и повысить надежность изделия.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Модульные источники питания, обладающие высокими тепловыми характеристиками, должны иметь высокий КПД и эффективное рассеивание тепла. Превосходные тепловые характеристики демонстрируют миниатюрные источники питания с фиксированным входным напряжением серии R4 и неизолированные преобразователи серии R4 от компании Mornsun.

Благодаря применению технологии СвК эти устройства отличаются самой высокой в отрасли величиной максимальной рабочей температуры при сохранении высокого КПД. Максимальная рабочая температура неизолированного преобразователя серии R4 составляет 105 °С, а максимальная рабочая температура преобразователя с фиксированным входом серии R4 – 125 °С (рис. 5). Оба устройства могут удовлетворить большинство требований приложений заказчика. Кроме того, источники питания серии R4 весьма компактны, их габариты составляют всего 9 × 7 × 3,1 мм, что сравнимо с чипом, благодаря чему заказчики могут уменьшить размеры собственных изделий. ●

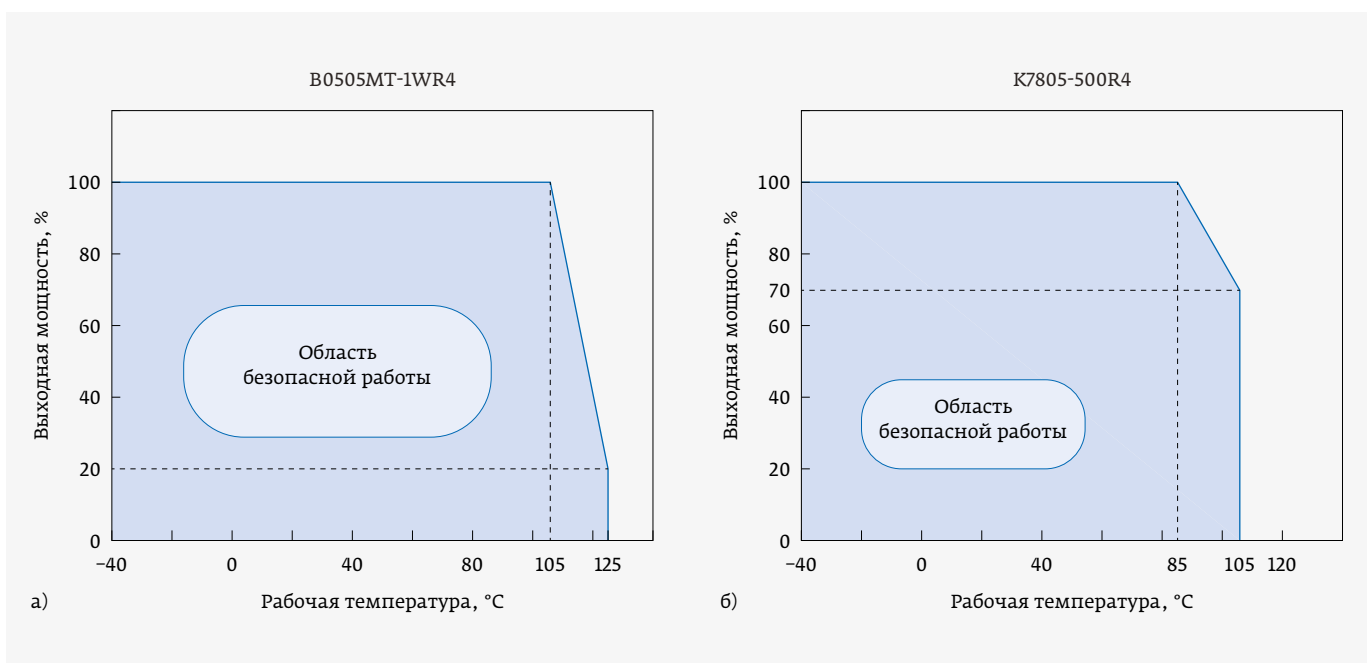


Рис. 5. Графики зависимости температуры от выходной мощности для источников питания серии R4 от Mornsun