

Системы электропитания

с усреднением импульсной мощности

В статье рассмотрен принцип усреднения мощности импульсных нагрузок при построении системы их электропитания, приведены преимущества этого подхода. Показаны особенности эксплуатации преобразователей напряжения в таких приложениях, даны примеры построения источников электропитания импульсных нагрузок

Дейв Берри (Dave Berry)

**Перевод и адаптация:
Олег Негреба**

По типу нагрузки системы электропитания обычно подразделяются на те, что непрерывно обеспечивают более-менее постоянную выходную мощность, и на те, в которых энергия потребляется короткими импульсами. Чаще всего системы электропитания импульсных нагрузок сконфигурированы в расчете на пиковую выходную мощность. Например, если периодическая нагрузка в течение 1 мс потребляет 3 кВт, а после этого 5 мс выключена, то для ее питания используют источник мощностью также 3 кВт, хотя средняя мощность в этом случае составляет всего 500 Вт.

Такой подход создает определенные проблемы для разработчика, поскольку необходимо, чтобы система была спроектирована с учетом требований для пиковой мощности, которые также определяют размер, вес и стоимость всей системы. Вспомогательные устройства, в частности шунтирующие конденсаторы, радиаторы и вентиляторы, тоже занимают системное пространство, усугубляя проблему ограничения веса и размера системы. По мере увеличения мощности устройств это приводит к тому, что требования к системе становятся труднореализуемыми.

И здесь лучшей альтернативой может стать проектирование энергосистемы для усредненной, а не пиковой мощности.

Усреднение мощности

Одним из решений для приложений, в которых периодическая нагрузка потребляет мощность только в течение короткого времени, является совместное использование преобразователей напряжения с ограничением выходного тока и батареи конденсаторов для обеспечения максимальной потребляемой мощности. Однако при создании такой системы электропитания разработчик должен учитывать не только возможности преобразователя по ограничению своего выходного тока, но и устойчивость его обратной связи по напряжению. Кроме этого, следует правильно определить емкость конденсаторной батареи, чтобы удержать падение напряжения на нагрузке в пределах допустимых значений.

Такие области применения, как импульсные усилители, мигающие светодиодные фонари и автоматические устройства периодического включения/выключения, могут использовать принцип усреднения мощности для снижения стоимости, объема и веса системы.

Конфигурации с усреднением мощности, принцип действия которых проиллюстрирован на рис. 1, особенно эффективны, когда нагрузка способна работать в широком диапазоне входного напряжения. Обычно это относится к таким приложениям, где нагрузка источника питания представляет собой другое регулирующее устройство (как правило, POL-преобразователь) или несколько регулирующих устройств. В моменты потребления мощности POL-преобразователем или его нагрузкой большую часть тока будет обеспечивать конденсаторная батарея, потому что преобразователь перейдет в режим ограничения выходного тока, работая и на батарею, и на нагрузку. В это время напряжение на батарее конденсаторов будет падать, а потому ее емкость должна быть такой, чтобы напряжение оставалось в пределах рабочего диапазона POL-преобразователя.

Для того чтобы минимизировать емкость данной конденсаторной батареи, разработчику выгоднее заряжать ее до максимально допустимого входного напряжения POL-преобразователя и позволять ей разряжаться до его минимального входного напряжения.

Эксплуатация преобразователей с ограничением выходного тока в импульсных приложениях

DC/DC-преобразователи обычно разрабатываются для стабилизации своего выходного напряжения вплоть до максимального уровня выходной мощности. Если нагрузка пытается отобрать от преобразователя ток больший, чем его максимальный ток, то преобразователь переходит в режим ограничения выходного тока, при этом либо снижая свое выходное напряжение, либо отключаясь и перезагружаясь.

Ограничение выходного тока, как правило, устанавливается на уровне чуть выше, чем максимальный ток преобразователя. Так, преобразователь, рассчитанный на выходную мощность 500 Вт с выходным напряжением 48 В постоянного тока, будет иметь максимальный постоянный ток $500 \text{ Вт} / 48 \text{ В} = 10,4 \text{ А}$. Однако ограничение тока не будет происходить до тех пор, пока выходной ток не достигнет примерно 13 А. Ограничение тока обычно предусмотрено для единичных аварийных ситуаций, происходящих при сбоях в работе нагрузки. Если преобразователь не рассчитан на длительное функционирование в режиме ограничения выходного тока, то его компоненты начнут подвергаться перегрузкам, что сократит срок службы системы электропитания.

Если нагрузка больше максимального тока преобразователя, но не превышает предел ограничения его выходного тока, то существует вероятность перегрузить источник и вызвать сбой в работе системы питания, поскольку 500-Вт преобразователь с пределом тока, установленным на уровне 13 А, будет перегружен до 624 Вт.

Работа с большой накопительной емкостью

Большая накопительная емкость, используемая для усреднения импульсной мощности нагрузки, может также осложнить работу системы электропитания. Включение преобразователя на значительную емкость, составляющую во многих случаях сотни тысяч микрофарад, приведет к ограничению его выходного тока. Для исключения проблем, связанных со срабатыванием защиты преобразователя от перегрузки по выходному току,

часто применяется внешняя схема ограничения тока заряда накопительной емкости, чтобы удерживать условия действия источника в пределах его рабочих величин.

Разработчики систем электропитания могут предусмотреть предварительную зарядку внешнего конденсатора или добавить к нему на время заряда последовательное сопротивление, которое ограничит ток заряда при включении и будет закорочено после заряда конденсатора. Схемы подзарядки конденсатора и ограничения его тока заряда могут быть достаточно сложными и занимать ценное пространство на печатной плате. Внешние схемы ограничения тока должны быть также достаточно быстрыми, чтобы вовремя отслеживать перегрузки, поскольку существует вероятность многократного повторения таких событий.

После того как преобразователь успешно включится, система электропитания должна стать стабильной, но для некоторых DC/DC-преобразователей конденсатор большой емкости может дестабилизировать контур обратной связи по напряжению, что станет причиной сбоя системы электропитания. Разработчик сможет решить эту проблему потенциальной нестабильности, если у него есть доступ к элементам контура обратной связи преобразователя, но для этого опять потребуются сложные и трудоемкие инженерные работы.

Преобразователи, созданные для работы с нагрузками большой емкости

Таким образом, внешние схемы могут стать очень сложными в случае, если преобразователь не предназначен для работы с большой

выходной емкостью. К счастью, на рынке существуют преобразователи напряжения, предназначенные для работы с большой емкостной нагрузкой, способные функционировать в режиме ограничения выходного тока и выходной мощности даже при выходной емкости до 10 000 мкФ. Можно использовать конденсаторы даже большей емкости, если они подключены к преобразователю только на время его запуска. Подобные преобразователи имеют функцию безопасного ограничения выходного тока, это означает, что они могут работать с выходной мощностью, превышающей номинальную в течение коротких промежутков времени.

При запуске такие преобразователи будут заряжать выходные конденсаторы, оставаясь при этом в безопасной рабочей зоне, а после заряда конденсаторов контур обратной связи преобразователей останется стабильным и обеспечит их нормальное действие.

В приложениях, рассчитанных на усредненное импульсное напряжение, мощность, потребляемая конечными POL-преобразователями, окажется больше, чем возможности первичного преобразователя, поэтому он будет питать нагрузку до тех пор, пока его выходное напряжение не снизится из-за режима ограничения тока. Как только его напряжение начнет падать, потребляемый нагрузкой, будет обеспечиваться батареей конденсаторов. При выборе конденсаторов необходимо брать в расчет, что от них будет отбираться гораздо больший ток, чем от преобразователя.

После завершения импульса тока в нагрузке преобразователь должен успеть подзарядить батарею до ее начального напряжения, чтобы она была готова к следующему циклу.

На рис. 2 показаны осциллограмма и блок-схема системы электропитания, работающей

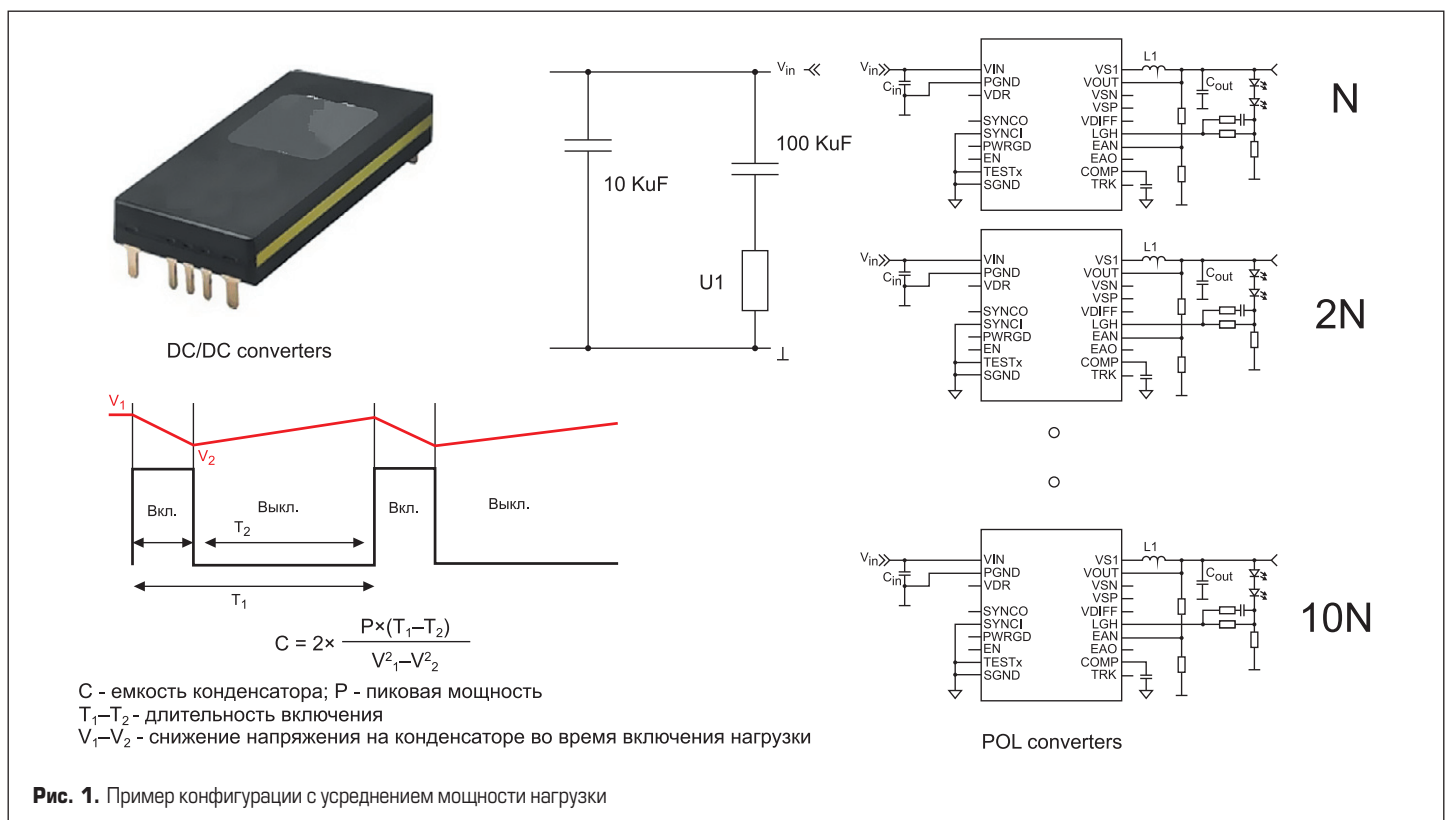


Рис. 1. Пример конфигурации с усреднением мощности нагрузки

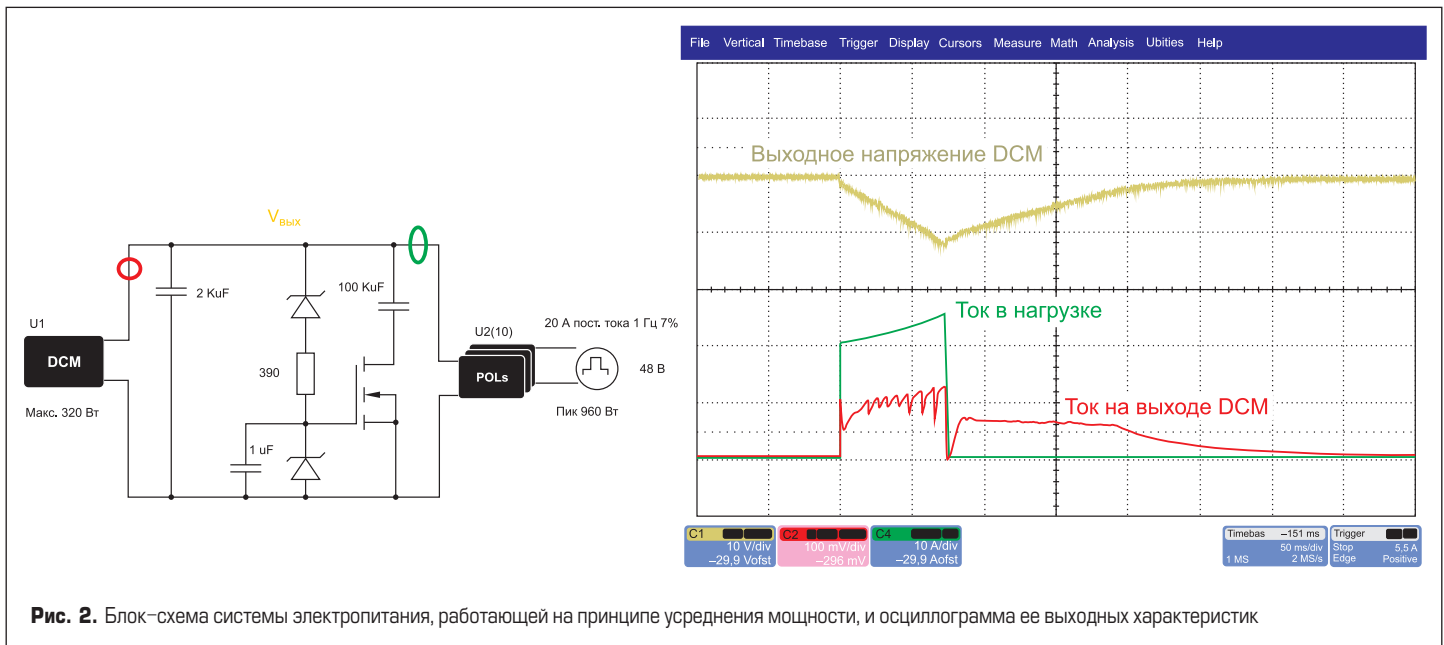


Рис. 2. Блок-схема системы электропитания, работающей на принципе усреднения мощности, и осциллограмма ее выходных характеристик

на принципе усреднения мощности. В этом примере 320-Вт первичный преобразователь имеет выходное напряжение, равное 50 В. Последующие POL-преобразователи обеспечивают суммарный импульсный ток нагрузки 20 А при напряжении 48 В постоянного тока, что составляет 960 Вт импульсной мощности. Частота нагрузки достигает 1 Гц, а рабочий цикл равен 7%, то есть длительность импульса составляет 70 мс. Когда POL-преобразователи питают нагрузку, они потребляют энергию от батареи конденсаторов емкостью 100 000 мкФ (µF) и от первичного преобразователя, который переходит в эти моменты в режим

защиты от перегрузки по току, причем основную часть потребляемой нагрузкой мощности обеспечивает батарея конденсаторов. После завершения импульса первичный преобразователь подзарядит батарею до ее начального напряжения.

Вывод

Источники электропитания, сконфигурированные на принципе усреднения импульсной мощности, очень эффективны для уменьшения размера, веса и стоимости энергосистем, в которых нагрузка представляет собой корот-

кие периодические импульсы. Внешнюю дополнительную схему можно минимизировать, если преобразователь постоянного тока способен безопасно работать в режиме ограничения выходного тока или выходной мощности. Оптимизация системы электропитания с усреднением мощности также помогает устранить дополнительные схемы и аппаратные средства, необходимые для систем электропитания, рассчитанных на обеспечение пиковой мощности нагрузки. Все это вместе позволяет разработчику обеспечить требования по габаритам и весу системы электропитания.