

Устройства заряда

на базе одноконтных комбинированных преобразователей

Вниманию читателей предлагается схема одноконтного комбинированного преобразователя, совмещающая положительные качества обратногоходового и прямоходового преобразователя.

**Виталий Скворцов,
к. т. н.**

sva@ie.tusur.ru

**Валерий Русанов,
вед. инженер**

rsv@ie.tusur.ru

**Константин Матвеев,
аспирант**

mkf@ie.tusur.ru

Зарядные устройства, как правило, предназначены для заряда накопителей электрической энергии на базе емкостных систем или химических аккумуляторов. Специфика процесса заряда таких накопительных систем одинакова и заключается в том, что зарядное устройство в обоих случаях включено на противо-ЭДС с очень низким внутренним сопротивлением.

Наличие противо-ЭДС и незначительное внутреннее сопротивление требует от устройств заряда одного — по своим внешним характеристикам оно не только должно быть стабилизатором тока как замкнутая система регулирования, но и обладать свойствами естественного ограничения тока по его мгновенным значениям, поэтому из рассмотрения можно исключить все схемы, являющиеся источниками напряжения по выходу.

Свойством естественного токоограничения обладает довольно маленький класс преобразователей электрической энергии, к которому относятся индуктивно-емкостные преобразователи и регуляторы на базе дроссельных систем. Дроссельные преобразователи можно разделить на две группы: преобразователи, у которых накопление и передача энергии в нагрузку разделены во времени, либо выходной ток ограничен на определенном уровне с помощью реактивного сопротивления. Зарядные устройства, как правило, выполняются по известным схемам источников вторичного электропитания и включают в себя входной выпрямитель, входной фильтрующий элемент, преобразователь, устройство управления и токочувствительный элемент для обратной связи по току. Преобразователь может быть выполнен по любой известной схеме, однако при заряде аккумуляторной батареи или емкостного накопителя важно поддерживать постоянное среднее значение зарядного тока. Практически обязательным требованием к зарядным устройствам является гальваническое разделение выходных цепей от питающей сети. Это требование однозначно предусматривает наличие в структуре зарядного устройства разделительного трансформатора, который для улучшения массогабаритных показателей, как правило, работает на повышенной частоте. С этой точки зрения более или менее под-

ходящими схемами для заряда накопителей оказываются двухтактная схема с дросселем в цепи переменного тока (рис. 1) и схема обратногоходового преобразователя (рис. 2). Следует сразу отметить, что речь идет о зарядных устройствах достаточно малой мощности (до 200–500 Вт), поэтому излишне сложные, а следовательно, и более материалоемкие схемы с экономической точки зрения неприемлемы. Это касается как силовой схемы, так и схемы управления. Области применения одноконтных и двухтактных преобразователей при использовании их в качестве источников питания разделены между собой практически по выходной мощности [1].

Использование двухтактных схем оправдано при мощностях свыше 200–500 Вт из-за лучшего использования электромагнитных элементов. При малых мощностях наиболее эффективными оказываются одноконтные схемы, при этом они более просты и более надежны. Конечно же, нет четкой границы по ди-

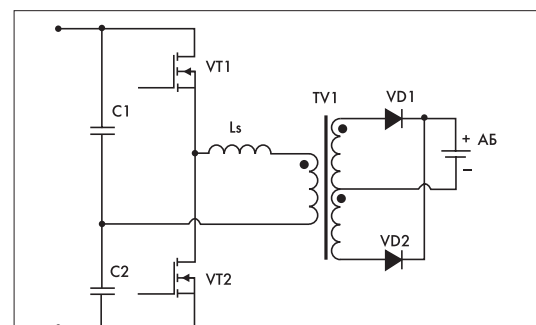


Рис. 1. Двухтактная схема с дросселем в цепи переменного тока

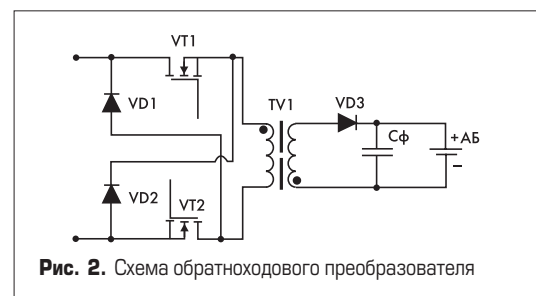


Рис. 2. Схема обратногоходового преобразователя

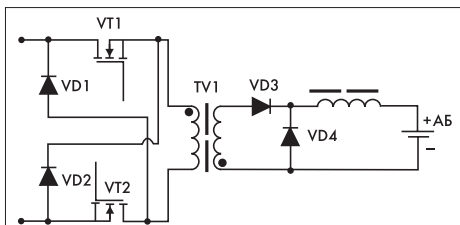


Рис. 3. Схема однотактного прямоходового преобразователя (ПХП)

апазону мощностей, поэтому в одних и тех же случаях могут использоваться различные схемы преобразователей.

Широко известна схема однотактного обратноходового преобразователя (ОХП), работающего на противо-ЭДС с малым сопротивлением [2]. Она содержит двухобмоточный трансформатор, первичная обмотка которого подключена через ключевой элемент к источнику питания, а вторичная обмотка через диод подключена к нагрузке. Преобразователь содержит также фильтрующий элемент, включенный параллельно нагрузке. Передача энергии в нагрузку происходит после выключения ключа. Для этого преобразователя характерно наличие на выходе импульсного тока с крутым фронтом (характерно для любого обратноходового преобразователя), что в свою очередь приводит к импульсу перенапряжения при выключении ключа, поэтому возникает необходимость в его защите от перенапряжения. Необходимость обеспечивать высокое напряжение изоляции между сетью и выходом зарядного устройства, содержащем такой преобразователь, приводит к ухудшению магнитной связи между обмотками за счет увеличенного слоя изоляции, что влечет за собой увеличение энергии, накапливаемой в индуктивности рассеяния, в конечном итоге приводя к перенапряжению на ключе и увеличению в нем потерь.

Для поддержания среднего значения зарядного тока необходимо вводить обратную связь по току нагрузки с соответствующим пробивным напряжением элементов гальванической развязки, что значительно усложняет схему. Кроме того, из-за наличия пауз в выходном токе габаритная мощность ключевого элемента, трансформатора и выходного фильтрующего элемента оказывается завышенной.

Другим вариантом выполнения силовой части ЗУ мощностью менее 200 Вт является схема однотактного прямоходового преобразователя (ПХП) (рис. 3). Она содержит двухобмоточный трансформатор, первичная обмотка которого подключена через ключевой элемент к источнику питания, а вторичная обмотка через однополупериодный выпрямитель и дроссель подключена к нагрузке. Передача энергии в нагрузку происходит при замкнутом состоянии ключа. При этом ток в дросселе, а соответственно, и в нагрузке непрерывен. Следовательно, использование активных и реактивных элементов в данной схеме более эффективно.

Недостатками данной схемы являются необходимость введения обратной связи по выходному току, наличие двухобмоточных элементов и включение ключа при значитель-

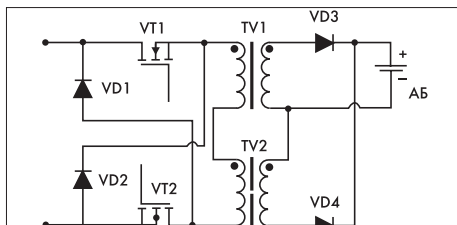


Рис. 4. Схема однотактного комбинированного преобразователя

ном токе нагрузки, что ведет к увеличению коммутационных потерь и уровня помех.

Разработана схема однотактного комбинированного преобразователя (рис. 4), совмещающая положительные качества ОХП и ПХП, отличающаяся от ОХП наличием дополнительного трансформатора, работающего на прямом ходу.

Работа схемы на границе режима прерывистого тока нагрузки позволяет осуществлять стабилизацию среднего значения тока нагрузки, контролируя амплитудное значение тока ключа (то есть без обратной связи по току нагрузки), а также осуществлять коммутацию ключа при нулевом напряжении, исключая динамические потери и коммутационные помехи.

Диаграммы (рис. 5) поясняют работу этого преобразователя. Дополнительный трансформатор позволяет улучшить форму тока нагрузки и существенно снизить нагрузку на выходной фильтр. По сравнению с обратноходовым преобразователем комбинированный преобразователь обладает меньшей габаритной мощностью ключей, так как имеет меньшую амплитуду тока через ключи,

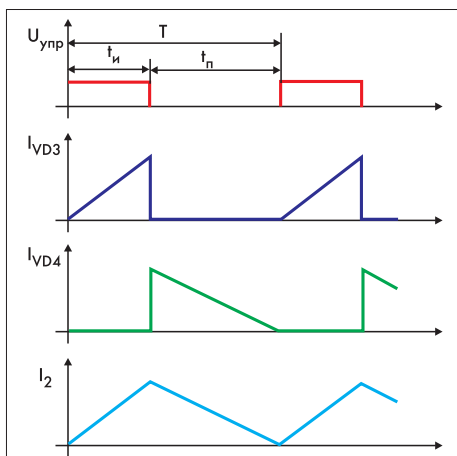


Рис. 5. Диаграммы работы однотактного комбинированного преобразователя

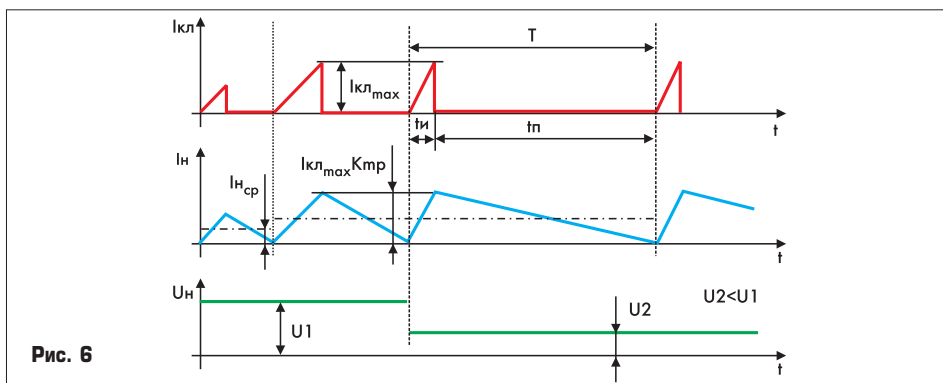


Рис. 6

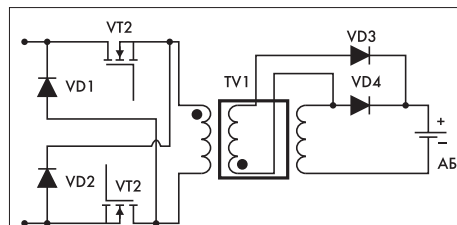


Рис. 7. Схема соединения обмоток комбинированного преобразователя

за счет передачи энергии в нагрузку в течение всего периода.

По простоте построения зарядного устройства в целом, комбинированный преобразователь также имеет преимущество, так как стабилизация выходного тока может легко осуществляться за счет ограничения тока ключей на определенном уровне. При работе преобразователя на границе режимов прерывистого и непрерывного токов среднее значение выходного тока равно половине его амплитуды (рис. 6).

С точки зрения конструктивного исполнения комбинированный преобразователь уступает обратноходовому преобразователю, так как в схеме присутствуют два трансформатора вместо одного. Некоторые типы сердечников, например П-образные, позволяют выполнить комбинированный преобразователь, используя только один сердечник. Вторичные обмотки выполняются на разных стержнях сердечника, и индуктивность рассеяния, возникающая между обмотками на разных стержнях трансформатора, позволяет отказаться от второго трансформатора. Схема соединения обмоток приведена на рис. 7. В этом случае преобразователь не уступает по сложности конструкции ОХП, превосходя его по установленной мощности элементов.

Литература

1. K. L. Smith. D. C. Supplies from A. C. sources — 5 // Electronics & Wireless World. June, 1985.
2. Найвельт Г. С., Мазель К. Б., Хусаинов Ч. И. и др. Источники электропитания радиоэлектронной аппаратуры: Справочник / Под ред. Г. С. Найвельта. М.: Радио и связь. 1986.
3. В. Е. Китаев, А. А. Бокуняев, М. Ф. Колканов. Расчет источников электропитания устройств связи: Учеб. пособие для вузов / Под ред. А. А. Бокуняева. М.: Радио и связь. 1993.
4. Моин В. С. Стабилизированные транзисторные преобразователи. М.: Энергоатомиздат. 1986.