

## **ФАЗАСДВИГАЮЩИЙ ШИМ-КОНТРОЛЛЕР ДЛЯ АКТИВНО ИНДУКТИВНОЙ НАГРУЗКИ**

Кульченко С. А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск

Энергосбережение (рационализация производства, распределения и использования всех видов энергии) стало в последние годы одним из приоритетных направлений технической политики во всех развитых странах мира. Энергосбережение в любой сфере сводится к снижению бесполезных потерь. Анализ структуры потерь в сфере производства, распределения и потребления электроэнергии показывает, что основная составляющая потерь (до 90 %) приходится на сферу потребления.

В течение длительного отрезка времени в России и странах СНГ отпускная цена на энергоносители была значительно ниже фактической стоимости, что не стимулировало оптимизацию энергопотребления и внедрения энергосберегающих технологий. По оценкам специалистов, среднее энергопотребление на единицу валового национального продукта в России в 2-3 раза превышает соответствующие показатели передовых стран мира. Опережающий рост стоимости энергоносителей привел к тому, что энергетическая составляющая в себестоимости готовой продукции на предприятиях достигает 20-60 %. Поэтому чрезвычайную актуальность приобретает разработка комплекса технических и организационных мероприятий, направленных на оптимальное использование энергетических ресурсов. Для решения этих задач принят Федеральный закон «Об энергосбережении» от 3 апреля 1996 г. Закон регулирует отношения, возникающие в процессе деятельности в области энергосбережения, в целях создания экономических и организационных условий для эффективного использования энергетических ресурсов [1].

Так же преследуется цель автоматизации в управлении преобразовательной техники, что так же позволяет рационально использовать электроэнергию

Из спектра различных решений, применяемых для энергосбережения и автоматизации, одно из наиболее эффективных и быстро окупаемых, требующих относительно небольших капиталовложений – внедрение высокотехнологичной и наукоемкой энергосберегающей техники – контроллеров с широтно-импульсной модуляцией, позволяющих оптимизировать режимы работы в широком диапазоне изменения нагрузок и включающих себя схем защиты.

Одним из подходов, позволяющих уменьшить потери на нагрев силовых элементов схем, является применение переключательных режимов работы. При таких режимах силовой элемент либо открыт, тогда на нем практически нулевое падение напряжения, либо закрыт, тогда через него идет нулевой ток [5].

Чтобы получить на выходе сигнал нужной формы, силовой ключ открывается на определенное время, пропорциональное нужному выходному напряжению. Это и есть широтно-импульсная модуляция (ШИМ). Далее такой сигнал, состоящий из импульсов разной ширины, поступает в фильтр, состоящий из дросселя и конденсатора. На выходе фильтра получается практически идеальный сигнал нужной формы [1].

Для управления преобразователями используются специализированные микросхемы – ШИМ-контроллеры, в состав которых, как правило, входят генератор тактовой частоты, источник опорного напряжения, усилитель ошибки. В последнее время наметилась тенденция включать в состав таких микросхем также различные дополнительные функциональные узлы, улучшающие их потребительские свойства и уменьшающие число компонентов "обвязки" - например цепи плавного пуска.

Но в настоящее время, все еще актуальным остается применения более дешевых

микросхем ШИМ-контроллеров в сочетании с MOSFET-транзистором (в качестве силового ключа). Кроме выигрыша в стоимости, это решение позволяет достичь большей гибкости за счет возможности выбора частоты преобразования, применения различных способов защиты и сервисных функций и т.д. [2].

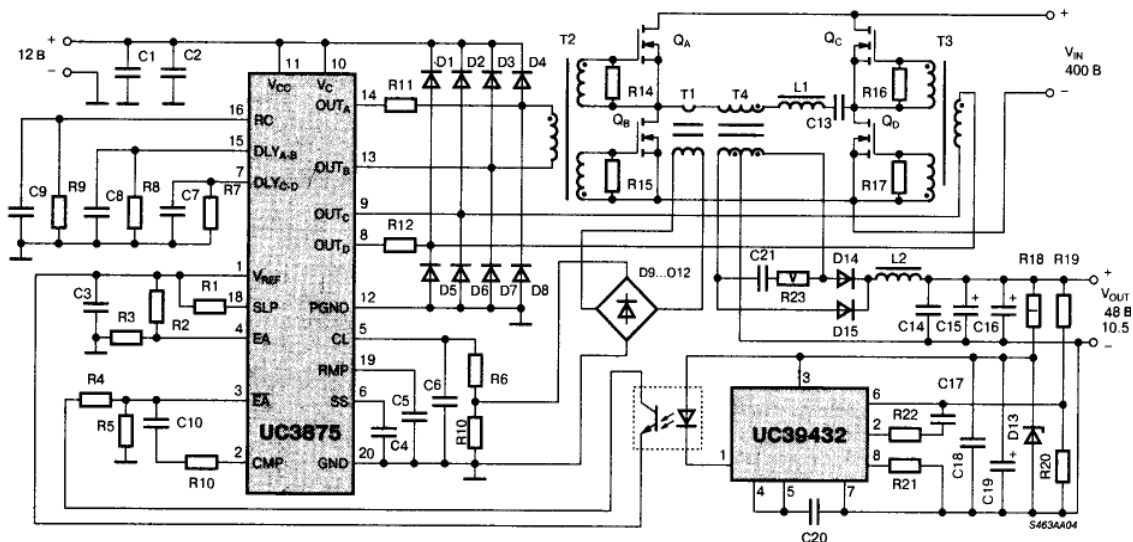


Рис. 1. Схема фазосдвигающего ШИМ-контроллера 500Вт на микросхеме UC3875

Семейство микросхем, объединенных под названием UC3875 осуществляющих управление мощным мостовым каскадом с помощью сдвига по фазе момента переключения одной половины моста относительно другой. Используется ШИМ совместно с резонансными методами и переключением при нулевом напряжении для повышения эффективности ИВП на высоких частотах. Микросхемы этого семейства применяются в схемах управления ИВП с обратной связью, как по напряжению, так и по току и имеют встроенную схему токовой защиты [3].

Обеспечивается программируемая временная задержка, чтобы вставить «запрещенное время» при включении каждого выходного каскада. Эта задержка обеспечивает время для работы в резонансном режиме и является независимо управляемой для каждой пары выходом.

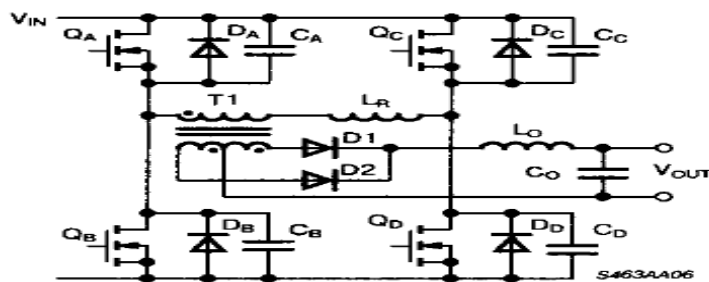


Рис. 2. Схема ключей фазосдвигающего инвертора

Расположенные по диагонали мостовой схемы ключи возбуждаются вместе в полномостовом инверторе и поочередно подключают первичную обмотку трансформатора к входному напряжению питания в течение некоторого периода времени, как показано на Рис.3.

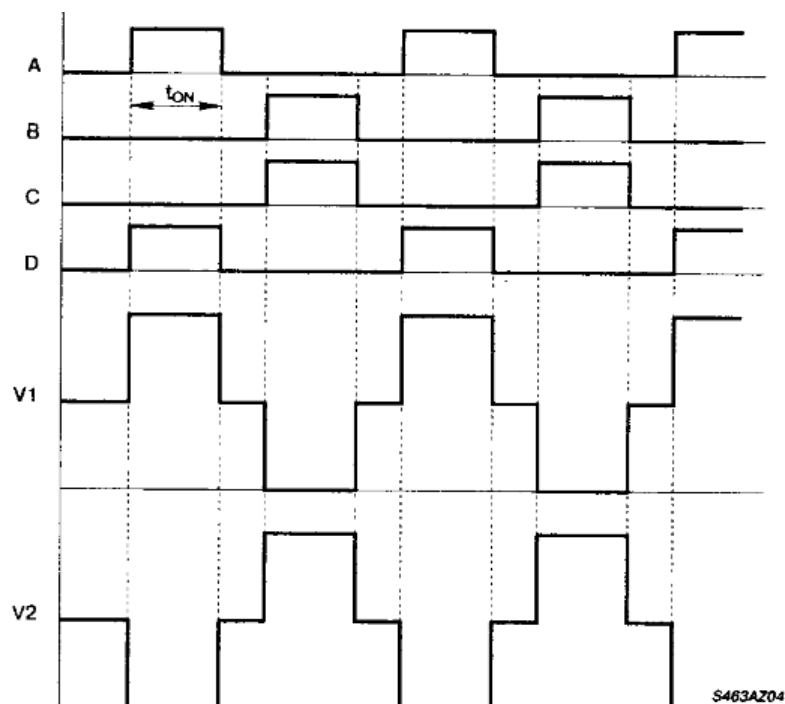


Рис. 3. Формы ШИМ-сигналов в схеме полного моста

До появления сигнала возбуждения диагональных ключей полномостовой схемы вводится преднамеренная задержка, чтобы можно было выдать сигнал возбуждения диагональных ключей со сдвигом фазы. Эта задержка определяется напряжением петли обратной связи схемы управления и, по существу, является сдвигом фазы между двумя выходными сигналами формирователей одного плеча моста. Эффективное управление рабочим циклом производится изменением сдвига фаз между сигналами возбуждения ключей как показано на Рис. 4.

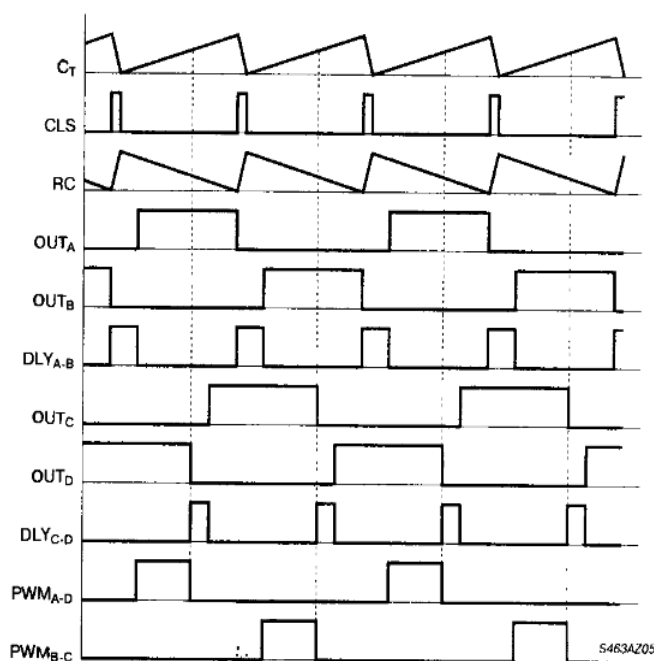


Рис. 4. Формы сигналов в схеме фазосдвигающего ШИМ-контроллера

Уникальным в фазосдвигающей технологии является то, что оба ключа, соединенных последовательно с трансформатором, могут быть открыты, а напряжение, приложенное к трансформатору, равно нулю. Это возможно потому, что эти ключи не являются диагональными ключами полномостовой схемы, а представляют из себя или два верхних, или два нижних ключа. В этом режиме первичная обмотка трансформатора по существу закорочена и имеет потенциал соответствующей шины входного напряжения [4].

Ключи в фазосдвигающем полномостовом инверторе используются по-другому, чем такие же ключи в нерезонансных схемах. Основным в этой схемотехнике является использование паразитных элементов конструкции MOSFET-ключей. Внутренний паразитный диод подложки и выходная емкость каждого ключа (совместно с током первичной обмотки) являются основными компонентами, используемыми для порождения и коммутации резонансных процессов [4].

Вероятно, наиболее критический аспект управления в фазосдвигающей ШИМ-технике – неспособность охватить полный диапазон сдвига фаз от  $0^\circ$  до  $180^\circ$ . Невозможность охвата этого диапазона может вызывать ненужные трудности в схеме защиты или ключах. Потеря управления в любой ситуации кончится катастрофическими последствиями в виде одновременного открывания обоих транзисторов в одном плече инвертора.

Микросхема фазосдвигающего обладает необходимыми свойствами, чтобы обеспечить без особых усилий переключение при нулевом напряжении, и эффективный полный рабочий цикл. Дополнительно микросхема контроллера используется, чтобы обеспечить необходимые функции управления, декодирования, защиты и формирования для данного применения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Браун М. Источники питания. / М. Браун. Пер. с англ. – К.: МК – Пресс, 2007. – 256 с.
2. Ирвинг М. Готтлиб Источники питания. Инверторы. Пер. с англ. А.Л. Ларина. Постмаркет, 2000. 470 с.
3. Семейство фазосдвигающих инверторов. Unitrode Products from Texas Instruments [Электронный ресурс]-режим доступа <http://www.unitrode.com/products/products.htm> , свободный, дата обращения 25.09.2015.
4. Семенов Б. Ю. Силовая электроника для любителей и профессионалов / Б.Ю. Семенов. – М.: Солон-Р, 2001. – 327 с.
5. Преобразователь на основе ШИМ модулятора. [Электронный ресурс] – режим доступа, <http://berdnikov.org/papers/08071501.html> свободный, дата обращения 25.09.2015.
6. ШИМ-контроллеры. [Электронный ресурс] – режим доступа, <http://gyrator.ru/pwm-controller> свободный, дата обращения 25.09.2015.