

Стабилизация выходного напряжения обратноходового преобразователя путём возврата энергии в первичную цепь

Михаил Сизов (Москва)

В статье рассматривается схема обратноходового преобразователя, в котором используется метод непосредственной стабилизации выходного напряжения путём возврата лишней энергии в первичную цепь, без применения цепи обратной связи. Приводится схема реального устройства и даётся описание его работы.

Для стабилизации величины выходного напряжения обратноходовых преобразователей (ОХП) используются разные методы регулирования количества энергии, поступающей во вторичную цепь. Основным среди них является ШИМ-стабилизация напряжения. Принцип действия ШИМ-стабилизации заключается в изменении длительности импульсов, усиливаемых силовым каскадом в первичной цепи преобразователя, без коррекции собственно частоты колебаний и их амплитуды. Длительность импульсов формируется схемой управления, которая сравнивает выходное напряжение преобразователя с заданным значением.

Метод непосредственной стабилизации выходного напряжения требует применения оптрона для передачи аналогового сигнала ошибки из вторичной цепи в первичную. Расчёт петли обратной связи с оптроном довольно сложен, и даже существующие методики далеко не всегда дают адекватный результат, поскольку слиш-

ком много параметров влияет на АЧХ схемы [1].

В статье предлагается схема ОХП, в котором используется метод непосредственной стабилизации выходного напряжения путём возврата лишней (избыточной) энергии в первичную цепь, без применения цепи ОС. Автор столкнулся с этим способом стабилизации выходного напряжения более 15 лет назад, изучая схему источника питания японского телевизора. Принцип возврата энергии при колебательном процессе подробно описан в [2, 3].

На рис. 1 показана реальная схема ОХП с гальванической развязкой выходного напряжения, в которой пунктирной линией выделены первичная и вторичная цепи устройства. Импульсный генератор ОХП выполнен на транзисторах VT1, VT2 и накопительном трансформаторе с тремя одинаковыми обмотками. W1 – первичная обмотка, её индуктивность определяет энергию, которая будет запасаться в трансформаторе; W2 – обмотка положительной обратной

связи для возбуждения генерации колебаний в схеме; W3 – выходная обмотка (обмотка обратного хода), подключается к конденсатору C4 и нагрузке через диоды VD7, VD8 и транзисторный ключ VT3.

При включении источника питания 15 В резистор R3 задаёт небольшой базовый ток, который приоткрывает транзистор VT2. Далее происходит лавинообразное открытие транзистора за счёт действия положительной обратной связи через обмотку W2. Резистор R2 определяет рабочий базовый ток транзистора VT2, а время открытого состояния транзистора VT2, когда происходит накопление электромагнитной энергии в трансформаторе, определяется RC-цепочкой R1, C1, которая с задержкой открывает транзистор VT1. Транзистор VT1 перехватывает базовый ток транзистора VT2, который переходит из режима насыщения в линейный режим работы (прикрывается), после чего происходит лавинообразное закрытие транзистора VT2 за счёт действия положительной обратной связи через обмотку W2. После выключения транзистора VT2 на всех обмотках трансформатора изменяется полярность напряжений и происходит их быстрый рост. Начинается второй такт работы схемы преобразователя – режим размагничивания сердечника трансформатора. После исчезновения тока в первичной обмотке W1 он появляется во вторичной обмотке W3 за счёт взаимной индукции.

На рис. 2 показаны основные сигналы преобразователя в установившемся режиме холостого хода. В работе ОХП можно выделить пять временных интервалов и соответствующих физических процессов:

1) происходит накопление энергии в индуктивности первичной обмотки трансформатора W1. Напряжение на выходной обмотке W3 отрицательно, через цепочку R6, VD6 оно формирует запирающую

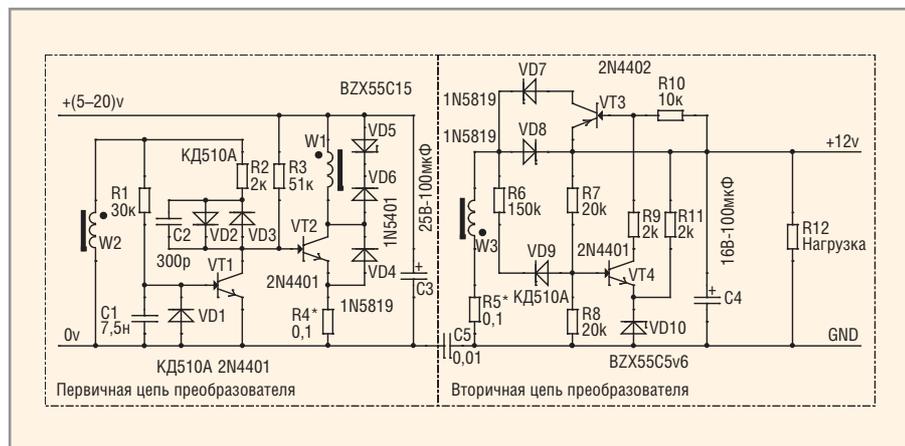


Рис. 1 Схема ОХП без цепи ОС

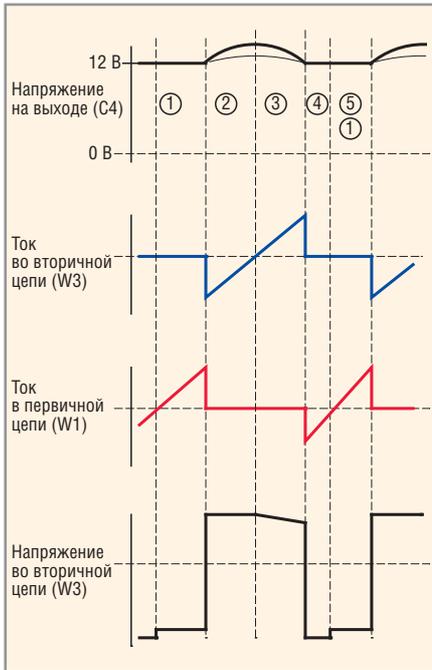


Рис. 2. Основные сигналы преобразователя в установившемся режиме холостого хода

- щее напряжение на базе транзистора VT4;
- 2) после выключения транзистора VT2 напряжение на выходной обмотке W3 меняет знак, цепочка R6, VD6 отключается, снимается запирающее напряжение на базе транзистора VT4. Так как выходное напряжение превышает уровень стабилизации, транзисторы VT4 и VT3 открываются. Начинается колебательный процесс. Амплитуда синусоидального изменения напряжения на конденсаторе C4 зависит от его ёмкости и величины запасённой в трансформаторе энергии. Когда напряжение на конденсаторе C4 достигает максимального значения, а ток в обмотке W3 пересекает нулевой уровень, начинается 3-й интервал работы ОХП;
 - 3) энергия, запасённая в конденсаторе C4, начинает передаваться в индуктивность вторичной обмотки трансформатора W3, напряжение на конденсаторе C4 уменьшается, а ток нарастает. В момент, когда ток в обмотке трансформатора W3 достигает максимального значения, начинается 4-й интервал работы ОХП;
 - 4) начало 4-го интервала характеризуется тем, что в трансформаторе накоплена энергия (обратного знака), которая не может исчезнуть. Происходит изменение полярности напряжений на всех обмотках

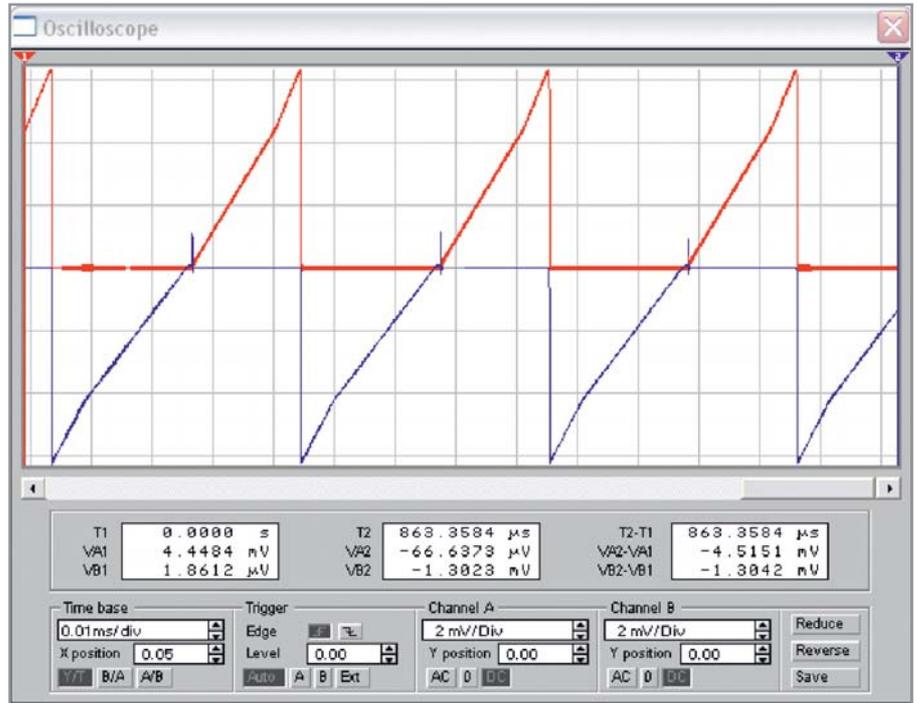


Рис. 3. Токи обмоток W1 (красный луч) и W3 (синий луч) при максимальной нагрузке

трансформатора. Напряжение первичной обмотки W1 становится отпирающим для диода VD4, величина напряжения превышает входное напряжение ОХП, начинается передача накопленной энергии трансформатора в конденсатор C3 фильтра питания первичной цепи. Полярность напряжения обмотки обратной связи W2 соответствует открытому состоянию транзистора VT1, но ток через него не течёт, т.к. в это время открыт диод VD4. Напряжение вторичной обмотки W3 становится запирающим для транзистора VT4. Закрывается транзистор VT3, конденсатор C4 и диод VD5 отключаются от вторичной обмотки W3. Когда напряжение на конденсаторе C3 достигает максимального значения, а ток в обмотке W1 пересекает нулевой уровень, начинается 5-й интервал работы ОХП;

- 5) так как полярность напряжения обмотки обратной связи W2 соответствует открытому состоянию транзистора VT1, начинается рост тока в первичной обмотке трансформатора W1, снова происходит накопление энергии в индуктивности первичной обмотки, и процесс повторяется.

Пороговое напряжение, при котором открывается транзистор VT4, является напряжением стабилизации ОХП. Транзистор VT4 может только начать колебательный про-

цесс, момент окончания процесса зависит от других элементов схемы и нагрузки.

На рис. 3 показаны токи в первичной и вторичной цепях ОХП, когда нет передачи лишней энергии в первичную цепь. Это режим максимального КПД, поскольку обратная передача энергии в первичную цепь сопровождается неизбежными потерями.

Дальнейшее увеличение тока нагрузки приводит к выходу ОХП из режима стабилизации и переходу в режим ограничения выходной мощности.

Данный ОХП прост и надёжен, он выполнен на четырёх транзисторах без оптрона и микросхем. Все транзисторы работают в ключевом режиме, что обеспечивает минимальные потери мощности в элементах схемы. Диапазон изменения входного напряжения составляет 3...20 В. Преобразователь допускает режим короткого замыкания на выходе.

ЛИТЕРАТУРА

1. <http://www.platan.ru/shem/index.htm>. Устойчивость импульсных стабилизаторов напряжения (http://www.platan.ru/shem/pdf/12_p16-20.pdf).
2. Сизов М. Преобразователь сигналов индуктивного датчика положения ротора. Современная электроника. 2012. № 5.
3. <http://spetrovich.narod.ru/img7/razvertka.htm>.