

Преимущества релейного способа управления

СИЛОВЫМ КЛЮЧОМ В ОБРАТНОХОДОВЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯХ

Разработка стабильного обратноходового источника питания зачастую является непростой задачей. Обратная связь должна быть стабильна без ущерба для ее динамики при любых изменениях нагрузки. В этой статье мы постараемся показать, как можно строить более простые обратноходовые источники питания, которые не требуют компенсации обратной связи.

**Самир Келкар
(Sameer Kelkar)**

Перевод: Геннадий Бандура

Релейный способ управления и ШИМ

Большинство источников питания используют широтно-импульсную модуляцию (ШИМ) для управления силовым ключом. При ШИМ ключевой элемент (чаще всего MOSFET-транзистор) включается каждый рабочий цикл. Выходное напряжение источника питания сравнивается с опорным напряжением, разница усиливается и используется для регулировки выходного напряжения путем изменения ширины импульса при включении ключа.

В релейном способе управления напряжение с выхода тоже сравнивается с опорным. Только разница используется для того, чтобы включить или не включить ключ в начале каждого рабочего цикла. Путем изменения соотношения рабочих циклов, когда ключ включен, и нерабочих, когда ключ выключен, регулируется уровень выходного напряжения.

Преимущества релейного управления силовым ключом:

- коэффициент усиления компаратора вполне достаточен для того, чтобы принять решение о том,

совершать или нет рабочий цикл. Для этого не нужны усилитель ошибки и генератор пилообразной функции, который необходим для ШИМ-контроллеров;

- без усилителя ошибки пропадает фазовая задержка по обратной связи, соответственно не нужно беспокоиться о запасе по амплитуде и фазе и характеристиках графика Боде.

Простейшая форма релейного управления использует фиксированное время включенного состояния MOSFET-транзистора. При этом пиковый ток MOSFET-транзистора зависит от входного питающего напряжения.

Однако более совершенен релейный способ управления с ограничением максимального тока MOSFET-транзистора на каждом рабочем цикле. Ограничение максимального тока MOSFET-транзистора очень важно, так как при насыщении трансформатора неограниченный ток может легко вывести из строя MOSFET-транзистор. Кроме того, трансформатор должен быть сконструирован так, чтобы он никогда не входил в насыщение. Эти два обстоятельства не только исключают насыщение трансформатора, но и снимают стрессовую нагрузку с MOSFET-транзистора, увеличивая надежность схемы.

Правильно построенная релейная схема управления быстрее, чем управляемая ШИМ, реагирует на изменения нагрузки без какого-либо перенапряжения или «звона» в момент изменения. Для того чтобы установить уровень выходного напряжения, могут быть использованы простой стабилитрон и резистор (рис. 1).

В режиме малых нагрузок при релейном методе управления сильно снижается эффективная рабочая частота схемы. Так как потери на переключение преобладают на низких нагрузках, снижение эффективной рабочей частоты существенно понижает энергопотребление в режиме малых нагрузок и в режиме холостого хода. Это позволяет источникам питания с релейным способом управления силовым ключом соответствовать всем текущим и планируемым мировым стандартам энергосбережения (Energy Star, CEC, CECP, AGO и др.).

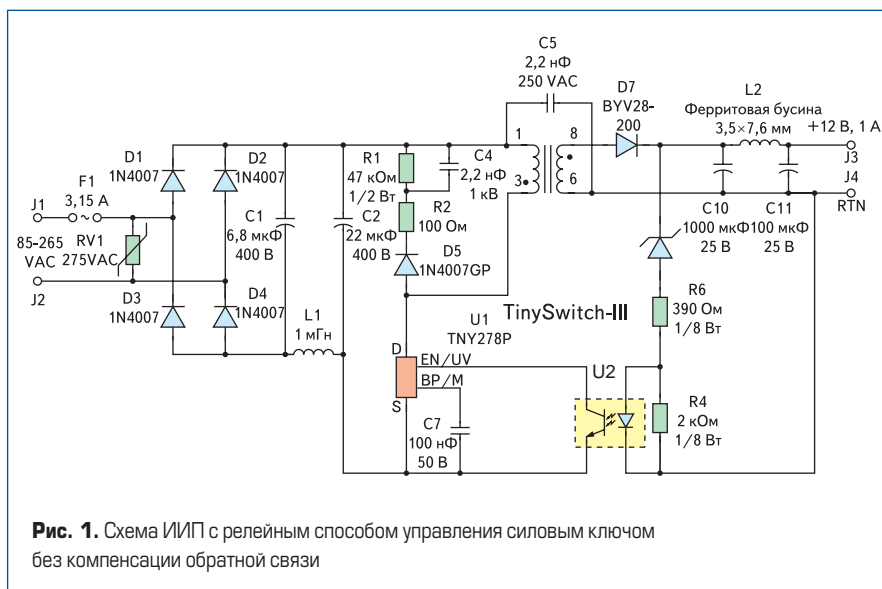


Рис. 1. Схема ИИП с релейным способом управления силовым ключом без компенсации обратной связи

Внедрение релейного способа управления

При малой нагрузке в ИП с релейным способом управления может появляться небольшая пульсация выходного напряжения и слышимый шум. Обе эти проблемы решаются путем подстройки уровня ограничения тока до нескольких дискретных уровней, которые соответствуют номиналу нагрузки. То есть когда нагрузка небольшая — используется максимальное ограничение тока, если нагрузка высокая — ток достигает максимально возможного значения. При средних нагрузках используется промежуточный уровень ограничения тока. Это может быть реализовано путем изменения соотношения совершенных и пропущенных рабочих циклов.

При ограничении тока на малых нагрузках можно наблюдать пропорциональное уменьшение пульсаций выходного напряжения. Кроме того, низкий уровень ограничения тока снижает плотность магнитного потока в сердечнике трансформатора, что практически исключает появление шума.

Для того чтобы осуществлять функции мониторинга и ограничения тока MOSFET-ключа, управлять количеством рабочих циклов и подстраивать уровень ограничения тока под нужную нагрузку, необходимы дополнительные элементы схемы. При проектировании ИИП в дискретном исполнении разработка этих цепей — довольно сложная задача, требующая много времени. Кроме того, на цене

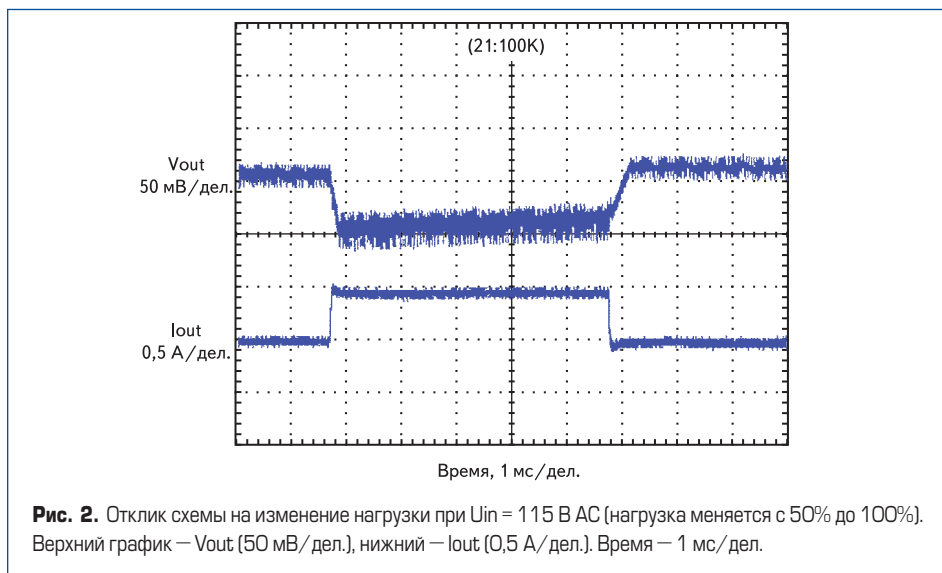


Рис. 2. Отклик схемы на изменение нагрузки при $U_{in} = 115 \text{ В AC}$ (нагрузка меняется с 50% до 100%). Верхний график — V_{out} (50 мВ/дел.), нижний — I_{out} (0,5 А/дел.). Время — 1 мс/дел.

источника питания будет сказываться стоимость элементов этих цепей.

Однако использование интегрального решения (контроллер + ключ + дополнительные цепи в одном чипе) делает эту задачу очень простой! Такой чип мог бы позволить быстро и просто спроектировать дешевый, стабильный источник питания без пульсаций на выходе и аудиозумов.

Примером преимуществ релейного управления может служить схема на рис. 1 на базе микросхемы TNY278P (семейство TinySwitch-III). Схема не требует компенсации обратной связи и содержит всего не-

сколько элементов кроме силовой части. Обратная связь осуществляется через стабилитрон VR3 и оптопару U2. Схема стабильна вне зависимости от индуктивности трансформатора, величины выходной емкости и входного напряжения. Высокоинтегрированное решение позволяет построить полностью функциональный ИИП, используя всего 20–25 компонентов. На рис. 2 показан отклик схемы на изменение нагрузки с 50% до 100%. Как можно видеть, на графике нет и следа нестабильности, перенапряжения или «звона», а время отклика в 500 мкс сравнимо с ИИП управляемым ШИМ.