

Начало в №6'2013, №4'2014

Особенности построения импульсных преобразователей с гальванической развязкой. Часть 3

Александр Петрушенко

В первой и второй частях статьи были представлены основные ограничительные (снабберные) схемы, которые позволяют рассеивать энергию, накопленную в индуктивности рассеяния. Рассмотрим более подробно активный снаббер, используемый для защиты выпрямительных диодов (быстрых) в высокочастотных преобразователях.

История появления данной схемы снаббера (рис. 1) уходит своими корнями на десяток лет назад. При создании одного преобразователя мощностью в несколько киловатт, работающего от сети постоянного тока, возникла серьезная проблема — очень большие «выбросы» напряжения на вторичной обмотке трансформатора. Амплитуда напряжения в пике «выброса» составляла более 1000 В, что не позволяло применять распространенные быстрые диоды с рабочим обратным напряжением 1200 В. Применение диодов с рабочим обратным напряжением на 1700 В не было возможным по причине гораздо худших характеристик, как статических, так и динамических. Именно применение схемы активного снаббера помогло в решении данной проблемы.

Возможно, некоторые инженеры впервые слышат об использовании снабберов для выпрямительных

диодов в высокочастотных импульсных источниках питания и преобразователях, поскольку диоды более терпимы к перегрузкам по напряжению, нежели транзисторы. Но при работе с повышающими схемами посредством трансформатора индуктивность рассеяния пагубно влияет на силовые элементы схемы. Энергия, накопленная в индуктивности рассеяния, не передается в нагрузку, приводя к возникновению высоковольтных всплесков в первичной обмотке трансформатора и в ключе, и, следовательно, передается через трансформатор во вторичную обмотку с коэффициентом передачи самого трансформатора, плюс ко всему увеличиваясь за счет индуктивности рассеяния во вторичной обмотке.

Рассмотрим алгоритм работы данного снаббера. На рис. 2 приведена общая силовая схема преобразователя.

Преобразователь работает от напряжения постоянного тока в диапазоне 170–350 В со стабилизацией выходного напряжения на уровне 400–420 В. Если представить, что снаббер отсутствует, то на выходе диодного моста мы бы наблюдали картину, показанную на рис. 3.

При этом максимальное значение напряжения при максимальном входном напряжении достигало бы более 1000 В для преобразователя мощностью порядка 5 кВт, что является абсолютно неприемлемым для обеспечения надежной работы и получения необходимых параметров в части применения элементной базы с наилучшими энергетическими показателями. Поэтому рассмотрим алгоритм работы активного снаббера и как это скажется на форме и величине «выброса».

Инвертор на транзисторах VT2–VT5 работает попарно по диагонали, с регулировкой по шири-

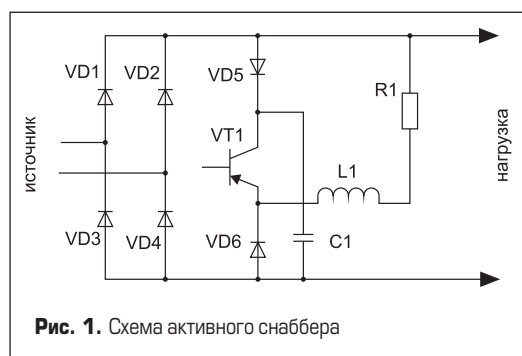


Рис. 1. Схема активного снаббера

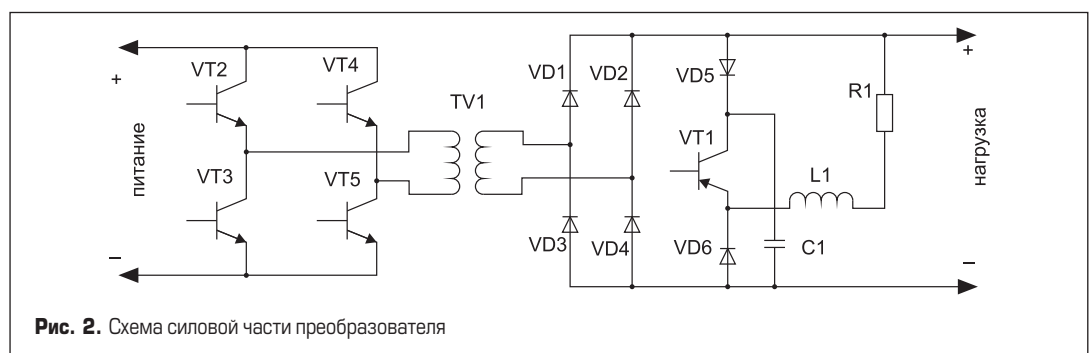


Рис. 2. Схема силовой части преобразователя

не импульса для достижения необходимого напряжения. В начальный момент импульс проходит через трансформатор TV1, через выпрямительный мост, и происходит его «закатка» (поглощение) в емкость C1. При этом время поглощения «выброса» очень мало, и емкость C1 практически в 1–5 мс заряжается до предельного значения — около 700–800 В. Получается, что после заряда емкости (достижения предельного значения) эффективность снаббера резко снижается по причине невозможности разряда C1 (рис. 4).

Далее вступает в работу транзистор VT1. Он включается, замыкая тем самым емкость C1 через индуктивность L1, используемую в качестве ограничения тока, и шунт R1, и за счет разности потенциалов между емкостью C1 и нагрузкой происходит «скачивание» энергии из конденсатора в нагрузку. При этом

диод VD5 не дает идти току разряда по другому контуру (рис. 5).

Пока напряжение на емкости и ток в цепи L1 и R1 не спадут до минимального значения, транзистор VT1 повторно не включится. Для возможности реализации подобной модели управления на транзистор VT1 заводится синхронное управление от транзисторов VT2–VT5 через сумматор.

Применение данной схемы позволяет снизить выбросы в несколько раз, на данном преобразователе они не превышали 100–150 В даже в самых жестких режимах работы.

Применение данной схемы активного снаббера возможно в диапазоне мощностей до 20 кВт, т. к. свыше данной мощности элементы снаббера увеличиваются в габаритных размерах и становятся не актуальными для применения.

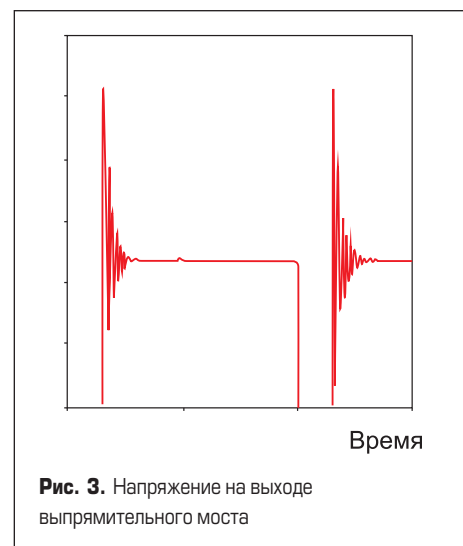


Рис. 3. Напряжение на выходе выпрямительного моста

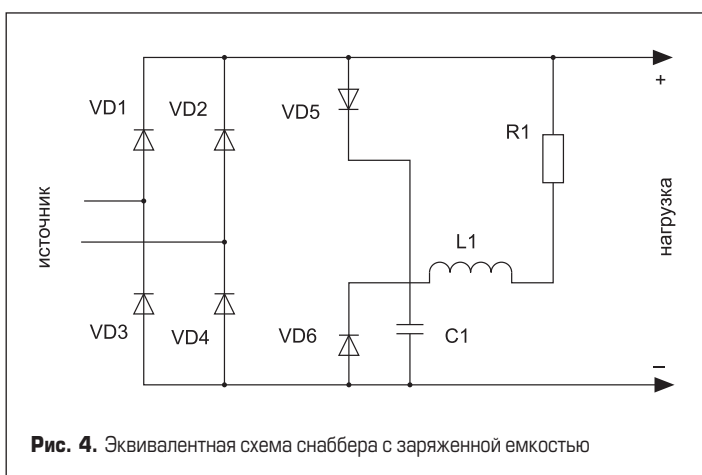


Рис. 4. Эквивалентная схема снаббера с заряженной емкостью

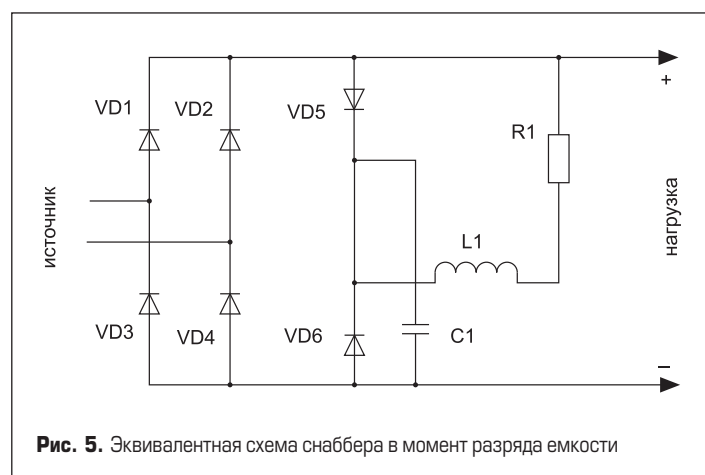


Рис. 5. Эквивалентная схема снаббера в момент разряда емкости