

Простой драйвер для полумостового инвертора

Lamer 106

В популярной литературе, описывающей устройство и принцип действия сварочных инверторов, уделяется не слишком много внимания вопросам правильного построения драйверов мостовых и полумостовых схем. Вместе с тем, этот небольшой узел может оказаться весьма коварным для новичка, приобретающего первый опыт в силовой электронике, так как даже небольшие некорректности в его исполнении нередко приводят к серьёзным авариям еще на этапе отладки создаваемого аппарата. Повторение опубликованного успешного схемного решения без дружественного авторского сопровождения, не всегда приводит к положительному результату из-за наличия скрытых ноу-хау, или неправильно понятого замысла автора. В такой ситуации иногда полезно взглянуть на возникшую проблему другими глазами.

Прототипом для разработки послужили несколько схем, опубликованных на сайте Валентина Володина, в которых использован четырехканальный драйвер на базе двухтактного усилителя на MOSFET IRF530. Примерный вид управляющего сигнала на затворах IGBT, рассчитанный на математической модели по оценочным параметрам схемы А.С. Большакова, представлен на рис 1

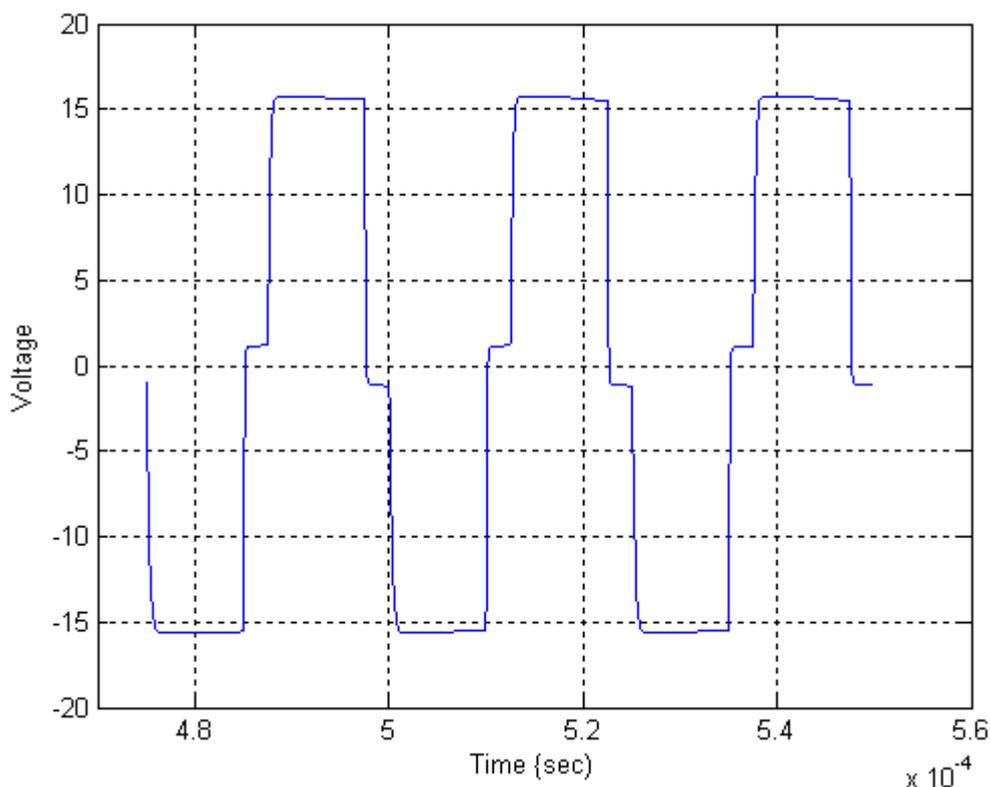


Рис. 1 Оциллограмма напряжения на затворе IGBT при использовании драйвера с двухтактным трансформаторным усилителем.

При моделировании были заданы следующие параметры:

- рабочая частота инвертора 40 кГц;
- напряжение питания 12 В;
- коэффициент заполнения 40 % (скважность на одно плечо моста 2,5);
- индуктивность первичной обмотки ~1,3 мГн;
- индуктивность рассеяния ~2,5 мкГн.

Существенным недостатком драйвера с двухтактным трансформаторным усилителем является его склонность к формированию “предвестника”- небольшой ступеньки напряжения,

предваряющей в бестоковой паузе основной управляющий сигнал. Уровень “предвестника” определяется величиной $\tau_{\text{магн}}$, где:

$$\omega = 2\pi f_{\text{раб}} - \text{круговая частота};$$

$\tau_{\text{магн}} = L_1 / R_{\text{прив}}$ – постоянная времени первичной обмотки (L_1 – индуктивность первичной обмотки, $R_{\text{прив}}$ – приведенное к первичной обмотке сопротивление нагрузки).

Для случая, показанного на рис.1, величина $\tau_{\text{магн}}$ равна ~ 48 . С увеличением $\tau_{\text{магн}}$ до значений 500...800 уровень “предвестника” сильно падает. Однако при этом увеличивается индуктивность рассеяния L_s , что вызывает заваливание фронтов управляющего сигнала и соответствующий рост коммутационных потерь, разогревающих кристалл IGBT.

Основная опасность “предвестника” заключается в его способности вызвать преждевременное срабатывание коммутационного прибора в зоне хвоста выключения, приводящее к возникновению неуправляемого сквозного тока плеча, неконтролируемого системой защиты. Кроме того, в многообмоточном трансформаторе, находящемся в мощном поле рассеяния силового блока, наряду с взаимным влиянием каналов неизбежно возникают различного рода наводки и паразитные завязки, накладывающиеся на “предвестник”, и также провоцирующие возможность аварии даже при умеренном его уровне.

Представляется, что достаточно простым выходом в данной ситуации является отказ от использования двухтактных трансформаторных усилителей в схемах драйверов и переход на однотактные. Экспериментально проверенная схема двухтактного драйвера с однотактными усилителями приведена на рис.2.

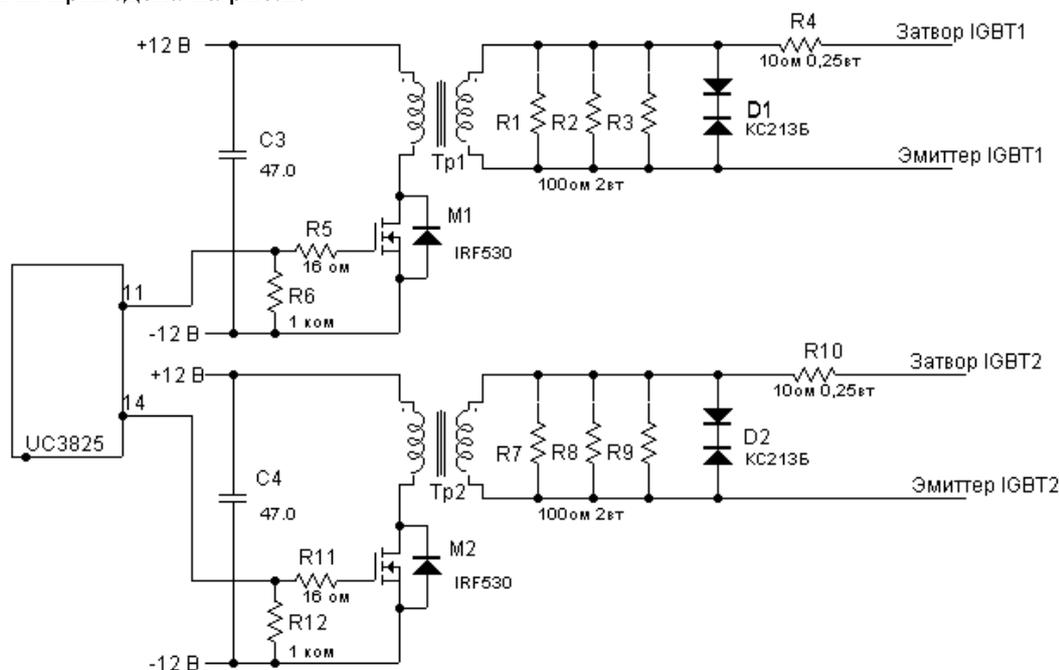


Рис. 2 Схема драйвера для полумоста

Предлагаемая схема содержит два отдельных канала, предназначенных для управления соответственно верхним и нижним IGBT полумоста. Питание обоих каналов производится от общего стабилизированного источника напряжения +12В. Для питания ШИМ-контроллера UC3825 использован отдельный источник +12В. Минусовые выводы источников соединены в одной точке. Однотактные трансформаторные усилители выполнены на MOSFET IRF530.

Особое внимание уделено исполнению трансформаторов. Сердечник состоит из двух колец К28*16*10 марки 2000НМ1-5. Первичная обмотка содержит 10 витков, вторичная – 11. Обмотка выполняется бифилярным проводом, состоящим из двух проводов МГВ-0,12, склеенных клеем БФ. Витки равномерно распределяются по периметру кольца. Последний одиннадцатый виток укладывается поверх точки стыка первого и десятого витков. Индуктивность первичной обмотки составляет $\sim 0,41$ мГн. Конструктивно оба трансформатора крепятся к плате одной

шпилькой. Для устранения емкостной связи между трансформаторами они разделены медной пластинкой размером 32*32 мм, электрически связанной с общей точкой. На этой же плате на минимальном расстоянии от трансформаторов размещаются управляемые драйвером IGBT.

Трансформатор описанной конструкции работает как длинная линия, в которой одиннадцатый виток, повышающий выходное напряжение, одновременно действует как слабое подобие катушки Пупина, выравнивая передаточную характеристику в области высоких частот для достижения минимальной длительности фронтов управляющих сигналов. Осциллограмма управляющего напряжения на затворе IGBT, рассчитанная на модели для рабочей частоты 40 кГц и коэффициента заполнения 40% приведена на рис.3

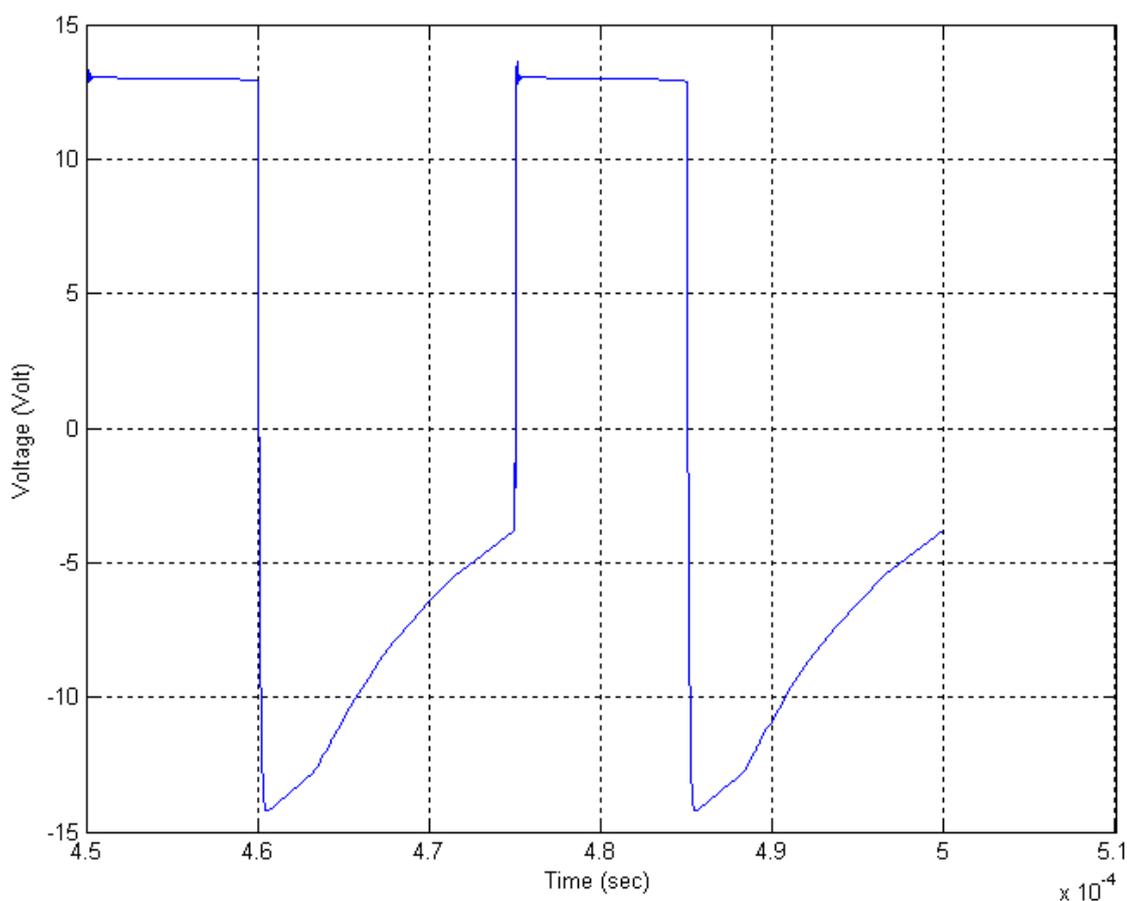


Рис. 3 Осциллограмма управляющего сигнала на затворе IGBT при использовании драйвера с однотактным трансформаторным усилителем.

Сравнивая рисунки 2 и 3, нетрудно видеть, что в предлагаемом драйвере “предвестник” не формируется. Более того, на всем протяжении отсутствия сигнала на входе драйвера на его выходе действует отрицательное напряжение, надежно запирающее IGBT, в том числе и на участке бестоковой паузы обоих ключей. При выбранных параметрах импульсного трансформатора амплитуда отрицательного выброса напряжения без ограничителя составляет 15..16 В, а при включении в качестве ограничителя двуханодного стабилитрона КС213Б снижается до 13...14 В, что допустимо для всех типов IGBT. При расчетной напряженности намагничивающего поля около 70 А/м ферритовый сердечник работает практически в линейном режиме с минимальным подмагничиванием. Полевые транзисторы IRF530 не греются и могут монтироваться без радиаторов.

Экспериментальная проверка драйвера в полумостовом последовательно-параллельном резонансном инверторе показала его устойчивую надежную работу в длительных прогонах как на холостом ходу, так и при нагрузке на эквивалент. При этом успешно работали даже далеко не сварочные IGBT типа IRG4PH50KD, предназначенные для управления электроприводом.

Осциллограммы, наблюдавшиеся в различных точках схемы, хорошо соответствовали расчетным.

Следует также отметить, что предлагаемый драйвер с успехом может быть применен и в мостовой схеме, учитывая то обстоятельство, что мостовой инвертор состоит из двух полумостов. Надеюсь, что это сообщение кому-то окажется полезным.

Приношу свои извинения за нестандартную графику схемы и отсутствие фотографий реальных осциллограмм. Просто нечем рисовать, кроме Мисосар. Фотографировать тоже...

Март 2007г.