

УДК 621.382.3

СИЛОВЫЕ IGBT МОДУЛИ И ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ В ИМПУЛЬСНЫХ ИСТОЧНИКАХ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ

Д.В. ГОДУН, А.П. ДОСТАНКО

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
П. Бровка, 6, Минск, 220013, Беларусь

Поступила в редакцию 23 ноября 2007

Дано общее представление о структуре IGBT транзистора, его частотных свойствах, рассмотрен процесс включения силового модуля, рассмотрены особенности параллельного включения транзисторов, двухтактных мостовых и полумостовых схем преобразователей.

Ключевые слова: IGBT, импульсные источники электропитания, преобразователи.

В начале 1980-х гг. были проведены успешные эксперименты по созданию комбинированного транзистора, состоящего из управляющего MOSFET и выходного биполярного каскада, получившего название биполярного транзистора с изолированным затвором (БТИЗ). Разработчики использовали много способов получения данных приборов, но наибольшее распространение получили транзисторы схемотехники IGBT, в которых наиболее удачно удалось объединить особенности полевых и биполярных транзисторов, работающих в ключевом режиме.

Компромиссным техническим решением, позволившем объединить положительные качества как биполярных, так и МДП-транзисторов, явилось создание монокристаллических структур, названных IGBT, т.е. биполярные транзисторы с изолированным затвором. Аналогично МДП-транзистору, при закрытом состоянии структуры внешнее напряжение приложено к обедненной области эпитаксиального n -слоя, характеристики которого определяют предельные значения рабочих напряжений IGBT. При подаче на изолированный затвор положительного смещения возникает проводящий канал в p -области ячейки, и между внешними выводами транзистора — коллектором и эмиттером — начинает протекать ток. Поскольку высоколегированный p^+ -слой коллектора находится под воздействием положительного внешнего напряжения, вглубь низкоомной эпитаксиальной n -области начинается инжекция неосновных носителей, осуществляющих модуляцию проводящего канала. Данное свойство определило название IGBT как структуры с модулируемой проводимостью. При этом оказывается возможным значительное снижение сопротивления в открытом состоянии, несвойственное МДП-транзисторам [1]. Схемотехнически ячейку IGBT можно представить комбинацией двух главных составляющих: управляющего МДП-транзистора и биполярного силового p - n - p -транзистора (рис. 1).

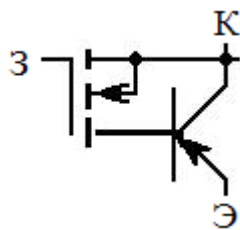


Рис. 1. Эквивалентная схема включения двух транзисторов

Процесс включения IGBT можно разделить на два этапа: после подачи положительного напряжения между затвором и истоком происходит открытие полевого транзистора. Движение зарядов из области n в область p приводит к открытию биполярного транзистора и возникновению тока от эмиттера к коллектору. Таким образом, полевой транзистор управляет работой биполярного.

Транзисторы IGBT в силу сложности своего внутреннего устройства требуют от разработчика более тщательного и глубокого анализа информации, содержащейся в технических условиях на проектирование.

Кристалл IGBT транзистора боится перегрева, поэтому следует следить за его температурой и выбирать допустимый ток, исходя из условий работы транзистора, не отступая от приведенных в технических условиях данных.

Поскольку IGBT управляются, как и MOSFET, не током, а напряжением, транзисторы одного типоминнала можно соединять параллельно, без выравнивающих резисторов в цепи эмиттера, но необходимо снизить рабочий ток, протекающий через параллельно соединенные транзисторы, относительно каждого прибора на 10–15% по сравнению с одиночным транзистором.

Данные транзисторы очень критичны к неправильному выбору частоты переключения, поэтому необходимо использовать только определенный тип транзисторов в соотношении с их частотными свойствами.

В зависимости от требуемой мощности сетевых источников питания, применяемые транзисторные двухтактные преобразователи делятся на полумостовые и мостовые. Сигнал схемы управления преобразователями в данном случае уже должен иметь защитную паузу. Рассмотрим методику построения систем драйверного управления полного моста на базе микросхем IR2113 (рис. 2).

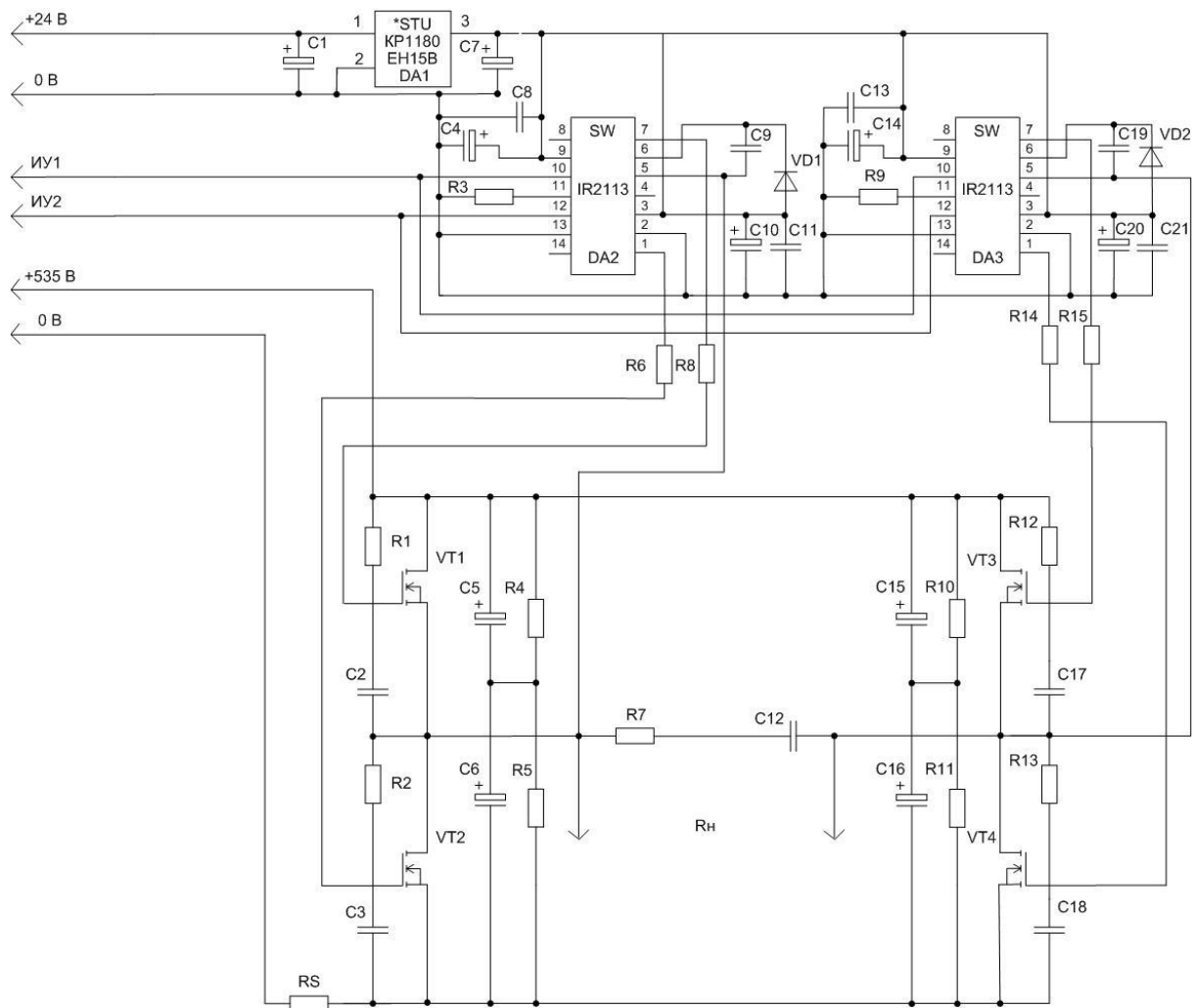


Рис. 2. Система управления силовым транзисторным мостом

Промодулированные сигналы "ИУ1" и "ИУ2" поступают на входы драйверных микросхем DA2 и DA3, которые усиливают их до напряжения, необходимого для управления ключевыми транзисторами VT1–VT4. Если для открытия нижних транзисторов VT2 и VT4 особых

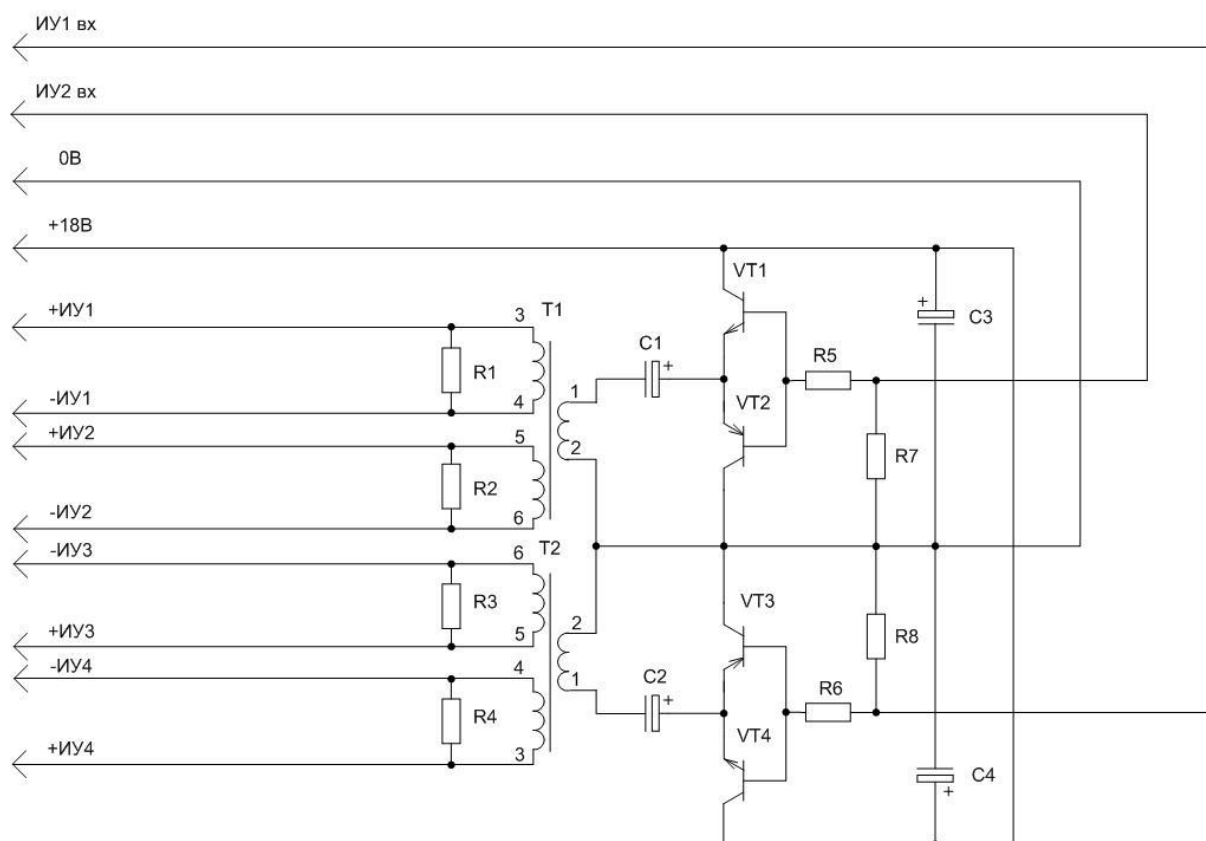
проблем не существует, так как управляющие сигналы приложены между затвором и эмиттером, который замкнут на землю, то открытие верхних транзисторов VT1 и VT3 предполагает существенные неудобства в схемотехнике. В используемой микросхеме IR2113 реализовано управление как нижними, так и верхними ключами, по средствам бустрепных емкостей C9 и C19. Одновременно обеспечена надежная гальваническая развязка между верхними и нижними плечами полумоста.

Для правильного проектирования систем управления необходимо обеспечивать гальваническую развязку входных задающих импульсов, для ухода от потенциала силовой сети привязанного к системе управления.

RC-цепочки, находящиеся между коллектором и эмиттером транзисторов VT1–VT4, препятствуют образованию пиковых выбросов, соответственно растягивая бросок по ширине рабочего импульса в моменты переключения диагоналей моста. Нагрузка снимается со средних точек силового моста.

Данная схема управления на базе микросхем IR2113 обеспечивает управление затворами транзисторов в широком диапазоне напряжения и время переключения до 150 нс. Силовое напряжение, прилагаемое к драйверам, не должно превышать 600 В, что крайне неудобно при проектировании мощных преобразовательных систем.

Решение данной проблемы возможно при применении схемы управления, изображенной на рис. 3.



Достоинства данной схемы заключается в том, что гальваническая развязка, по управлению, осуществляется непосредственно на каждый IGBT транзистор, а не общая как в драйверной схеме. Отсутствует привязка выходного импульсного напряжения к управляющему элементу (DA2, DA3), что позволяет получать напряжение на нагрузке более 600 В.

Заключение

На сегодняшний день IGBT, как класс приборов силовой электроники, занимает и будет занимать доминирующее положение для диапазона мощностей от единиц киловатт до единиц мегаватт. Дальнейшее развитие IGBT связано с требованиями рынка и будет идти по пути:

повышения быстродействия;
повышения стойкости к перегрузкам и аварийным режимам;
снижения прямого падения напряжения;
развития "интеллектуальных" IGBT со встроенными функциями диагностики и защит;
повышения частоты и снижения потерь SiC быстровосстанавливающихся обратных диодов;
повышения диапазона предельных коммутируемых токов и напряжений;
применения прямого водяного охлаждения для исключения соединения основание–охладитель.

POWER IGBT MODULES AND FEATURES OF APPLICATION IN PULSE SOURCES OF POWER SUPPLIES

D.V. HADUN, A.P. DOSTANKO

Abstract

The general representation about structure IGBT of the transistor and its frequency properties is given. Process of inclusion of the power module, feature of management by transistors in duple bridge schemes of converters is considered.

Литература

1. *Семенов Б.Ю.* Силовая электроника М., 2001.