

IPM серии L:

низкие потери и помехи, новое управление

Новейшая разработка Mitsubishi Electric Corporation — серия L интеллектуальных силовых модулей (IPM) выделяется меньшими размерами корпуса, имеет малые потери благодаря применению 5-го поколения IGBT-кристаллов (CSTBT) и низкие помехи благодаря новой схеме управления.

**Нобутаке Танигучи
Такахиро Иноуэ
Ойген Штумпф
Андрей Скачков
Андрей Корнев**

kornev@platan.ru

Технология кристаллов

Для сокращения потерь в L-серии используется биполярный транзистор с trench («канавочным») затвором с накоплением носителей заряда (CSTBT) 5-го поколения IGBT в новой схеме IPM. CSTBT — это силовой кристалл новейшего типа, дающий превосходный компромисс между низким прямым падением напряжения и динамическими потерями IGBT на выключение.

Для снижения помех при выключении обратного диода новый IPM использует ту же самую технологию управления временем жизни заряда, что и 4-е поколение IPM.

Использование новых силовых кристаллов в сочетании с новым способом управления, описанным ниже, и образует 5-е поколение IPM, отличающееся значительным снижением потерь и помех.

Технология схемы управления

Хотя снижение потерь на переключение часто связано с ростом электромагнитных помех, и, наоборот, снижение электромагнитных помех часто означает рост потерь на переключение, метод управления IGBT был пересмотрен, после чего были разработаны новые интегральные схемы управления, обеспечивающие 5-му поколению IPM наилучшие показатели для этих двух характеристик.

В стандартной технологии управляющей схемы, применявшейся вплоть до 4-го поколения S-DASH IPM, параметры, определяющие скорость переключения (выходное напряжение драйвера, сопротивление затвора Rg), не могли быть изменены. Поэто-

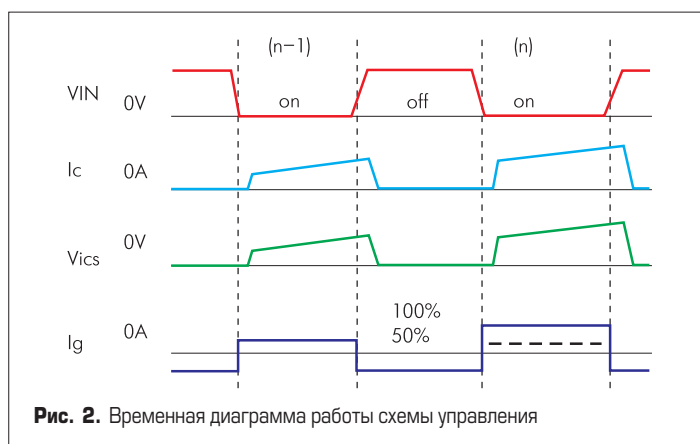
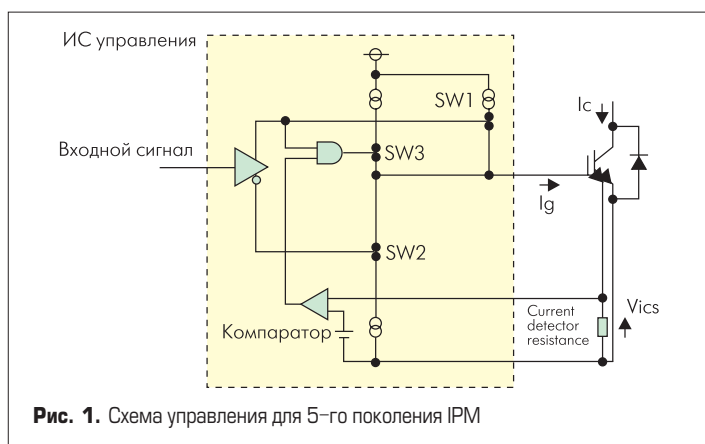
му, устанавливая скорость переключения так, чтобы уменьшить электромагнитные помехи, тем самым увеличивали динамические потери инвертора.

Однако в цепях нового силового модуля скорость переключения может меняться между двумя уровнями тока коллектора IGBT. Рис. 1 представляет блок-диаграмму схемы управления 5-го поколения IPM, а рис. 2 — временную диаграмму для схемы управления. На рисунке: Vin — управляющий входной сигнал, Ic — ток коллектора, Vics — напряжение детектора коллекторного тока и Ig — ток затвора. Если ток коллектора Ic меньше порогового тока компаратора, IGBT включается единственным источником тока (SW1: ON, SW3: OFF), но когда ток коллектора Ic больше порогового тока компаратора, IGBT включается двумя источниками тока SW1 и SW3.

В результате напряжение затвора возрастает в области малого коллекторного тока более плавно, обеспечивая «мягкое включение» и возможность снижения электромагнитных помех, уменьшая dv/dt при выключении обратного диода. С другой стороны, в силовой области переключение происходит с обычной скоростью, делая возможным снижение потерь.

Рис. 3 демонстрирует зависимость dv/dt от тока коллектора с мягким включением и без него. В области малого коллекторного тока мягкое включение существенно уменьшит dv/dt при выключении обратного диода.

Рис. 4 показывает траекторию Vics при выключении обратного диода с мягким переключением и без него. При токах меньше 50% номинального тока достигается уменьшение dv/dt, когда IGBT включается. На рис. 5 представлены результаты измерения помех радиочастотного диапазона, когда работает электродвигатель с IPM 4-го и 5-го поколения.



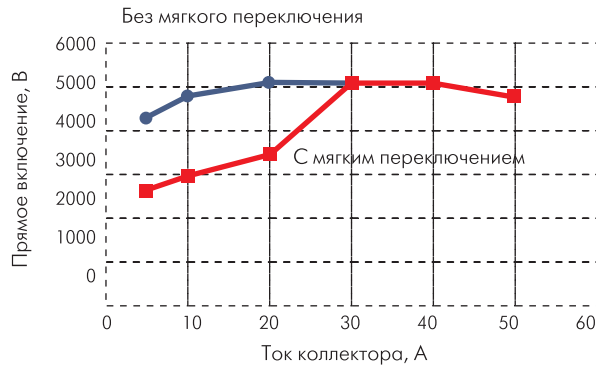


Рис. 3. Зависимость dv/dt от тока коллектора при выключении обратного диода

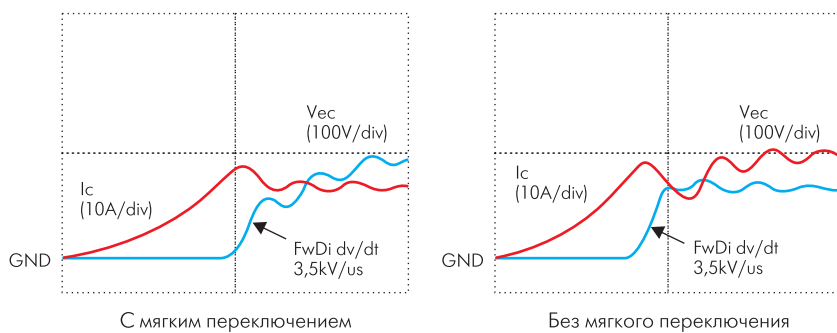


Рис. 4. Зависимость V_{ec} от тока коллектора при выключении обратного диода

Эти помехи в новых модулях сокращены примерно на 10 дБ. Описанный выше подход предлагает метод, который уменьшает как помехи, так и потери в новом модуле.

Технология корпусирования

Было разработано три новых типа корпуса для 5-го поколения IPM (рис. 6 и 7).

Модули номиналом 50~300 А/600 В и 25~150 А/1200 В выпускаются в двух корпусах с силовыми контактами на болтах (тип А и С на рис. 7). Выбор расширен серийными изделиями в корпусе со штырьковыми силовыми контактами для номиналов 50~75 А/600 В и 25~75 А/1200 В (тип В на рис. 7).

Корпус модулей пятого поколения на 32% меньше корпуса 4-го поколения (S-DASH серия)

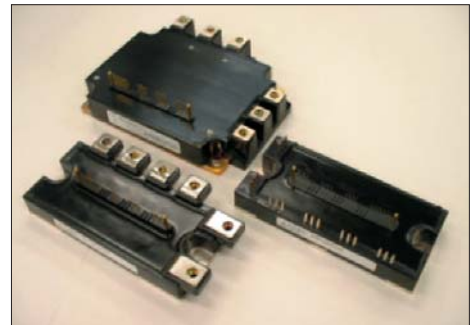


Рис. 6. Серия L 5-го поколения IPM

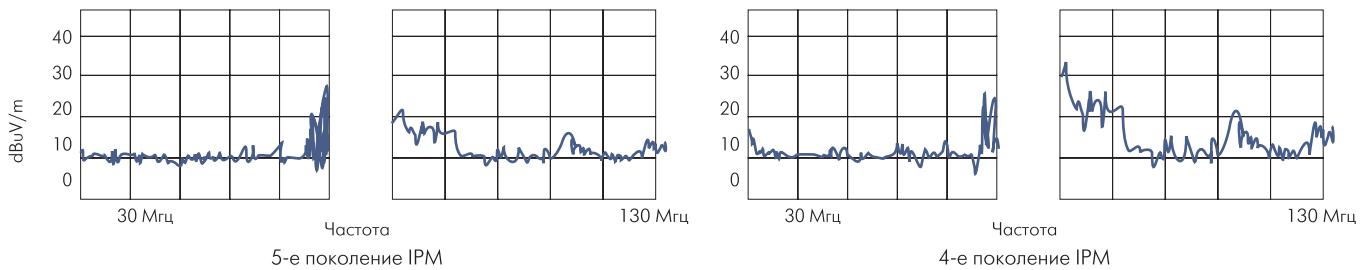


Рис. 5. Сравнение электромагнитных помех в IPM на 50 А / 600 В (одно деление оси времени равно 50 нс, условия: $V_{cc} = 300$ В, частота переключения = 4 кГц, выходной ток = 17 А (rms), мертвое время = 5 мкс)

Тип корпуса	Тип А (выводы на болтах)	Тип В (паечные выводы)	Тип С (выводы на болтах)
Форма			
LxWxH (мм)	66,75x120x31	55x120x27,5	110x135x34,7
Масса (г)	380	340	800

Рис. 7. Размеры корпусов IPM 5-го поколения

в отношении площади монтажной поверхности для модулей на 50~150 А/600 В и 50~75 А/1200 В. Уменьшение размера и веса модулей достигнуто благодаря оптимизации топологии кристаллов и размещения электродов.

Для корпусов модулей на 200~300 А/600 В и 100~150 А/1200 В положение силовых и управляющих контактов такое же, как в 4-м поколении серии S-DASH, при этом размер подложки уменьшен и сохранена совместимость по геометрии креплений с предыдущим поколением модулей.

Таким образом, при улучшении параметров, а также общей производительности и технологии корпусирования, обеспечивающей сокращение размеров корпуса и совместимость с предыдущим поколением, новые IPM 5-го поколения способствуют повышению производительности силового оборудования.

Таблица. Линейка 5-го поколения IPM

Доступные варианты			Номинальный ток I _c , А и потери модуля, Вт				Тип корпуса	
Мощность двигателя, кВт	Номер модели	Номинальное напряжение, В	При преобразовании		При торможении			
3,75	PM50RLA060	600	50 А	131 Вт	30 А	103 Вт	А	
	PM50RLB060						В	
5,5/7,5	PM75RLA060		75 А	390 Вт	50 А	297 Вт	А	
	PM75RLB060		В					
11	PM100RLA060		100 А	462 Вт	50 А	297 Вт	А	
15/18,5	PM150RLA060		150 А	625 Вт	75 А	390 Вт	А	
22	PM200RLA060		200 А	781 Вт	100 А	462 Вт	С	
30	PM300RLA060		300 А	1041 Вт	150 А	625 Вт	С	
3,7	PM25RLA120		1200	25 А	150 Вт	15 А	130 Вт	А
	PM25RLB120							В
5,5/7,5	PM50RLA120			50 А	480 Вт	25 А	347 Вт	А
	PM50RLB120			В				
11/15	PM75RLA120	75 А		595 Вт	40 А	446 Вт	А	
	PM75RLB120	В						
16/18,5	PM100RLA120	100 А		781 Вт	50 А	480 Вт	С	
30	PM150RLA120	150 А		1041 Вт	75 А	595 Вт	С	