

“ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОСТЬ” СИЛОВОГО МОДУЛЯ

Рекламные каталоги и проспекты, издаваемые многими компаниями-производителями кондиционерного оборудования, в качестве одного из достоинств инверторных сплит-систем указывают наличие в составе прибора IPM-блока. Иногда подобная формулировка в явном виде отсутствует и заменяется другими, смысл которых сводится к «особому строению силового модуля инвертора». Аббревиатура IPM произошла от Intelligent Power Module, что в дословном переводе звучит как «интеллектуальный силовой модуль». Такой перевод очень удачно подходит для рекламных целей, но слабо отражает сущность прибора. Попробуем разобраться, что на самом деле стоит за столь громкой фразой.

Начнем рассмотрение с наиболее важной части IPM-модуля – силового транзисторного каскада. Для привода электродвигателя компрессора, поскольку напряжение питания превышает 200 В, применяются специальные транзисторы, которые называются IGBT – insulated gate bipolar transistor, что переводится как биполярный транзистор с изолированным затвором. Такое определение на первый взгляд способно ввести в некоторое недоумение, поскольку, для управления биполярным транзистором используется базовый электрод, а изолированный затвор – это традиционно из области полевых транзисторов. Действительно, до изобретения IGBT в начале 80-х годов в диапазоне низких и средних напряжений применялись полевые транзисторы с изолированным затвором (так называемые МДП-транзисторы: металл-диэлектрик-полупроводник). Они обладают отличными частотными характеристиками (высокое быстродействие) и не требуют сложных цепей управления, но имеют один недостаток, который заключается в том, что сопротивление канала (область полупроводника между истоком и стоком) растет пропорционально квадрату плотности тока. Следовательно, для управления мощной нагрузкой, например электродвигателем компрессора, потребуется применить транзистор с большей площадью сечения канала. Такой транзистор имеет увеличенный размер полупроводникового кристалла и большую стоимость. Напротив, падение напряжения между эмиттером и коллектором биполярного транзистора в открытом состоянии (в режиме насыщения) пропорционально первой степени плотности тока коллектора и не превышает 2 ... 3 В в рабочих режимах. Но, к сожалению, биполярные транзисторы тоже не лишены недостатков. Среди них, например, необходимость использования более

сложных управляющих цепей, что снижает быстродействие всей схемы.

IGBT-приборы совмещают в себе достоинства биполярных и МДП-транзисторов. Вот главные из них:

1. низкое падение напряжения между эмиттером и коллектором (1-3В) при высоких значениях плотности коллекторного тока и, как результат, - компактность прибора и невысокая стоимость;
 2. благодаря высокому входному сопротивлению прибор управляется напряжением, а не – током, как в случае биполярных транзисторов или тиристоров.
- Эквивалентная схема IGBT представлена на рисунке 1. Нетрудно заметить, что входом прибора является МДП-структура с индуцированным каналом, а выходная цепь представляет собой биполярный рnp-транзистор. На рисунке 2 показано, каким образом IGBT- транзистор реализован в объеме полупроводникового кристалла.

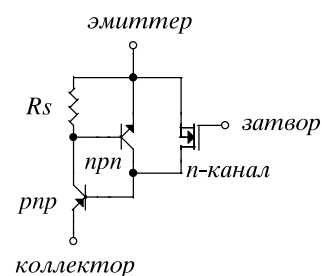


рис. 1. Эквивалентная схема IGBT-транзистора

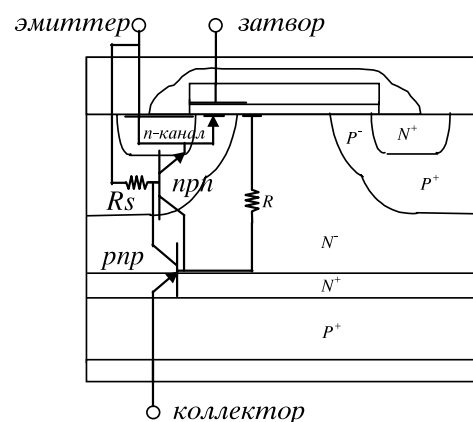


рис. 2. структура IGBT-транзистора

После появления IGBT популярность их начала быстро расти. Разработчики радиоэлектронной аппаратуры стали применять их в качестве быстродействующих ключевых элементов в блоках инверторов и преобразователей частоты. Особенности схемотехнической реализации подобных устройств послужили основанием для появления транзисторных модулей,

содержащих два, четыре, шесть или семь транзисторов в одном корпусе. Каждая пара в таких модулях включена по схеме двухтактного усилителя и имеет диоды, шунтирующие коллектор и эмиттер при воздействии ЭДС самоиндукции. В частности, выходной каскад предпоследней версии наружных блоков Сити Мульти YMF-B, собран на трех транзисторных модулях, каждый из которых состоит из пары транзисторов (рисунок 3). А в инверторных моделях MUZ-G09, 12SV установлен модуль из шести IGBT производства Мицубиси Электрик (рисунок 4).

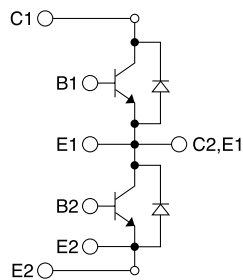


рис. 3. принципиальная схема транзисторного модуля - сити-мульти YMF-B



рис. 4. внешний вид и электрическая схема транзисторного модуля QM20TG-9B (MUZ-G12SV)

Анализируя схемотехническую реализацию электронной аппаратуры с IGBT-модулями, компании, выпускающие полупроводниковые приборы, пришли к выводу, что практически в любом устройстве присутствует узел, защищающий транзисторный модуль и управляемое устройство от чрезмерных токов, перегрева и от выхода напряжения питания за пределы нормируемого диапазона. Возникла идея оснастить транзисторные модули подобными защитами. Кроме очевидного удобства для разработчиков аппаратуры, такое решение имеет одно немаловажное достоинство, которое заключается в существенном увеличении надежности приборов. Действительно, выполненные по интегральной полупроводниковой или гибридной технологии, в едином технологическом процессе вместе с самими

IGBT-транзисторами, такие элементы обладают более высокой надежностью, нежели IGBT-транзисторные модули и защитные цепи, сформированные на печатном узле из дискретных элементов. Кроме того, в том же модуле стали формировать и цепи преобразования уровней, которые позволяют управлять модулем с помощью низковольтных элементов, например, оптоэлектрических пар. В результате появились полупроводниковые приборы, названные IPM IGBT, и транзисторный модуль приобрел «интеллектуальность».

Наиболее полно преимущества интегральной технологии воплотились в силовых модулях R-серии, производства Fuji Electric Co., Ltd. Отличительной особенностью серии является применение только полупроводниковой технологии: модуль состоит из кристаллов кремния, в объеме которого сформированы IGBT и полупроводниковой микросхемы, разработанной специально для управления силовой частью прибора. Благодаря этому снижено количество элементов, составляющих модуль, и повышено быстродействие управляющей схемы.

Есть и еще одна особенность, придающая уникальность R-серии, - это нетрадиционный способ контроля температуры IGBT-транзистора. Обычно в IPM IGBT-модулях для защиты транзисторов от перегрева используется термистор, установленный на металлическую подложку вблизи полупроводникового кристалла IGBT-транзистора. Такое решение неудачно тем, что, во-первых, возникают дополнительные термические сопротивления и перепад температуры в цепи «транзистор-подложка» и «подложка-термистор». А, во-вторых, цепь контроля температуры при определенных условиях, например, при быстром повышении частоты переключения транзисторов или заклинивании электродвигателя компрессора, выдает сигнал, который может существенно отставать во времени от действительного изменения температуры полупроводникового кристалла. В результате возможно не только неверное функционирование устройств управления и защиты, но и выход силового модуля из строя. Решение этой проблемы в R-серии заключается в применении термочувствительного элемента, сформированного на поверхности самого IGBT-транзистора по технологии SOI (silicon on insulator – кремний на диэлектрике). К слову сказать, та же технология используется и для изготовления быстродействующих транзисторов в современных процессорах для персональных компьютеров, например, AMD Athlon4.

Один из приборов R-серии - 6MBP50RA120 - установлен в последней версии наружных блоков Сити Мульти YMF-C. Его внешний вид и структурная схема показаны на рисунке 5.

Применение IPM-модуля R-серии

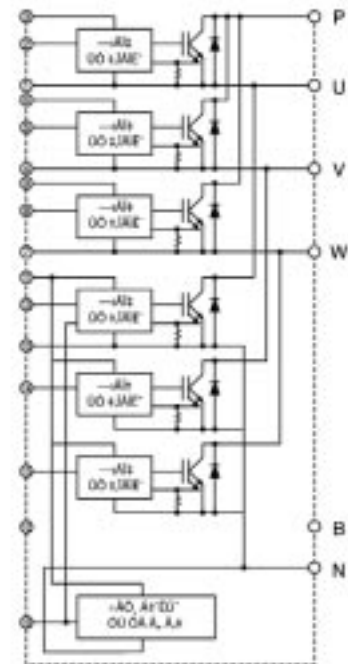
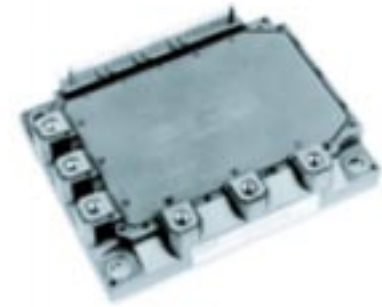


рис. 5. внешний вид и структурная схема IGBT IPM 6MBP50RA-120

повлияло на основные характеристики наружного блока следующим образом. Во-первых, увеличилась надежность инверторного привода электродвигателя компрессора. Во-вторых, теперь в случае выхода из строя IPM, замене подлежит одновременно с ним только небольшая периферийная плата (G/A board) и нет необходимости менять более дорогостоящую плату инвертора (INV board). И наконец, в-третьих, быстродействие модуля позволило повысить несущую частоту широтно-модулированного сигнала напряжения на компрессоре, благодаря чему, снизилась мощность высокочастотных составляющих шума наружного блока, и увеличился коэффициент полезного действия всего инверторного привода.

Из всего вышесказанного можно заключить, что все новые качества и свойства, которые приобрел силовой модуль, существенно упрощают разработку и улучшают характеристики оборудования, но никоим образом не связаны с интеллектуальностью.