

Транзистор IGBT - принцип работы, структура, основные характеристики

29 мая 2019  3,4 тыс. дочитываний  3 мин.

Силовой транзистор IGBT управляется с помощью напряжения, подаваемого на управляемый электрод - «затвор», который изолирован от силовой цепи. Полное название прибора: биполярный транзистор с изолированным затвором.

Характерная черта для этого транзистора – очень малое значение управляющей мощности, использованной для коммутационных операций существенных токовых значений силовых цепей.

Преобладающее значение приобрело его использование в цепях силового предназначения для частотных преобразователей, для двигателей переменного тока, мощность, которых может достигать до 1 МВт. По своим вольтамперным характеристикам он считается аналогом биполярному транзистору, однако качественные энергетические показатели и чистота коммутационных действий намного выше, чем качество работы других полупроводниковых элементов.

Постоянно совершенствующиеся технологии позволяют улучшить качественные характеристики транзисторов. Созданы элементы, рассчитанные на большую величину напряжения, выше 3 кВ и большие значения тока до нескольких сотен ампер.

Основные характеристики мощных IGBT-транзисторов

- Напряжение управления – это разрешенная проводимость, которая отпирает или запирает прибор.
- Открытое проводящее состояние характеризуется падением напряжения, определяемым пороговым напряжением и внутренним сопротивлением, величина максимально допустимого тока.

Для применения в конструкции регуляторов скорости используются транзисторы, рассчитанные на рабочие частоты в пределах до нескольких десятков килогерц.

Преимущества IGBT транзисторов

- Высокая плотность тока.
- Практически отсутствие потерь статического и динамического типа.
- Отсутствие управляющего тока позволяет не прибегать к использованию гальванически изолированных схем для работы и управления с применением дискретных элементов и предоставляет возможность создания интегральных схем – драйверов.
- Стойкость к воздействию короткого замыкания.
- Относительная простота параллельного соединения.

При разработке схем включения с транзисторами IGBT необходимо обращать внимание на ограничение значения максимального тока. Для этой цели используются следующие методы – это: правильный выбор параметров тока защиты и подбор резистора затвора R_g , а также применение цепей, которые формируют траекторию переключения.

Структура IGBT

Закрытое состояние прибора характеризуется напряжением, приложенным к области n-, она находится между коллектором и эмиттером. Проводящий канал появляется при воздействии на затвор положительно заряженного потенциала в р-области, он обозначается как пунктирная линия. Ток из балласта идет из области n- (с минусом) в область n+. При этом происходит открытие МОП-транзистора, что делает возможным открытие биполярного транзистора с р-n-p перехода транзистора.

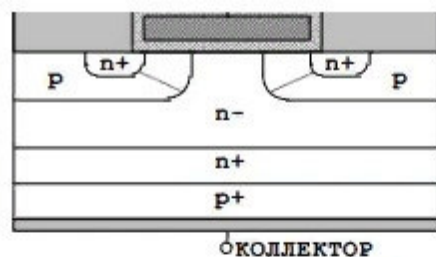


Рис. №2. Структура транзистора IGBT.

Эквивалентом структуре транзистора IGBT можно считать схему подключения транзистора, где n-канальный полевой транзистор выполнит роль промежуточного звена (динамического сопротивления), уменьшаемого в открытом состоянии IGBT. Он пропускает через базовую область биполярного транзистора с p-n-p-переходом, при этом происходит уменьшение остаточного напряжения в области n-. Опасность для схемы может представлять так называемый «паразитный биполярный транзистор», он может перейти в открытое состояние, называемое эффектом защелкивания, что влечет потерю управляемости.

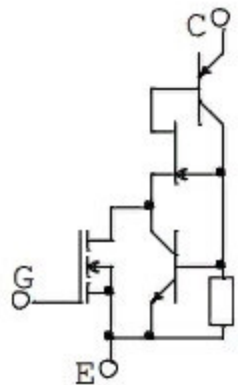


Рис. №3. Схема включения транзистора IGBT эквивалентная структуре транзистора.

Применение IGBT-транзистора

Одной из важных сфер использования силового транзистора – это использование в сетях с напряжением 6,5 кВ для создания безопасной и гарантированно надежной работы электроустановок в режиме короткого замыкания.

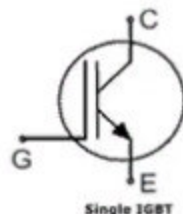
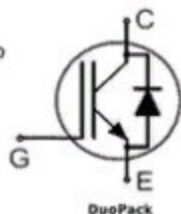
Для ограничения токов к. з. и приближению их к величине, которая не приведет к повреждениям оборудования. Они выполняют ограничение напряжения на затворе до уровня, не превышающем $U = 15,3\text{В}$. Это достигается с помощью применения следующих мер:

- Ограничение величины напряжения на затворе с помощью привязки к фиксированному уровню напряжения. Это возможно в том случае, если драйвер затвора обладает источником стабильного напряжения. Основным способом -добавление в схему диода с малым падением напряжения, например, диод Шотки. Высокая эффективность меры достигается снижением индуктивности цепи между клеммами источника и затвора.
- Ограничение значения напряжения на затворе с помощью присоединения в цепь между эмиттером и затвором - стабилитрона. Эффективность метода достигается максимально приближенным монтажом диодов к вспомогательным клеммам модуля. Для этой цели должны использоваться диоды с очень маленьким температурным дрейфом и разбросом, примером могут служить диоды ограничивающие переходные напряжения (диоды типа: 1,5KE6,8Ca и 1,5KE7,5CA двунаправленные).

Проверка мощных IGBT-транзисторов

Проверка силового транзистора возникает при необходимости ревизии сгоревшего транзистора, например, при ремонте сгоревшего сварочного аппарата или с целью подбора пары для устройства, с тем, чтобы убедиться, что это не «перемаркер». Проверку осуществляем с помощью мультиметра: прозваниваем вывода коллектора и эмиттера в обоих направлениях, так мы убедимся в отсутствии короткого замыкания. Входную емкость затвор-эмиттер заряжаем отрицательным напряжением. Осуществляется с помощью кратковременного и одновременного прикосновения щупом «COM» мультиметра затвора и щупом от гнезда «V/Ω/f» - эмиттера.

G - Затвор
C - Коллектор
E - Эмиттер



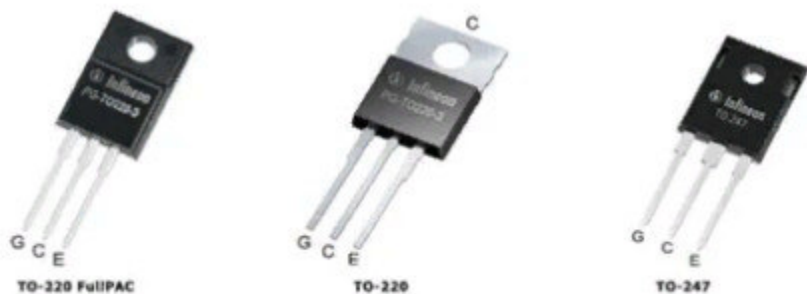


Рис. №4. Проверка транзистора IGBT.

Для проверки необходимо убедиться в рабочей функциональности транзистора. Заряжаем емкость на входе затвор - эмиттер положительным напряжением. Это можно сделать, коротко прикоснувшись щупом мультиметра «V/Ω/f» - затвора, к щупу «COM» - эмиттера. Проверяем напряжение между коллектором и эмиттером, оно должно быть не больше 1,5В, меньшая величина напряжения характерна для низковольтных транзисторов. Если напряжения мультиметра не хватает для открытия и проверки транзистора, входная емкость может заряжаться от источника постоянного напряжения со значением до 15 в.