

1. ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ IGBT МОДУЛЕЙ

1.1. ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ЭКСПЛУАТАЦИИ IGBT МОДУЛЕЙ.

1.1.1. Режимы работы. Для гарантии надежной работы IGBT модулей рекомендуется их использование в следующих режимах.

- 1) Рабочие пиковые напряжения в схемах должны быть не более 80 %, а рабочее постоянное напряжение – не более 60 % от классификационного значения напряжения коллектор-эмиттер V_{CES} .
- 2) Повторяющееся амплитудное значение тока должно быть не более 70 % от классификационного постоянного тока коллектора I_C . Ток перегрузки не должен превышать значения, установленного изготовителем для длительности импульса тока 1 мс и не должен быть повторяющимся.
- 3) Длительность протекания через модуль тока короткого замыкания из-за неисправности в нагрузке не должна превышать 10 мкс.
- 4) Температура кристалла не должна превышать 80 % от максимально допустимой температуры $T_{j\max}$.
- 5) При включении преобразователя сначала должно подаваться напряжение питания на систему управления и драйверы, затем на IGBT. При выключении снятие напряжений питания должно производиться в обратном порядке.

1.1.2. Цепь управления. Рекомендуемое значение напряжения управления затвор-эмиттер V_{GE} при включении должно быть $+15\text{ В} \pm 10\%$ для обеспечения минимальных потерь во включенном состоянии. При выключении рекомендуется V_{GE} в пределах $-8 \dots -15\text{ В}$. Этого достаточно для снижения потерь при выключении и обеспечения высокой стойкости транзистора к dV/dt . Времена нарастания и спада напряжения управления в рабочем режиме должны быть как можно короче. Максимальное напряжение затвор-эмиттер не должно превышать $\pm 20\text{ В}$. Для защиты затвора от статического пробоя непосредственно в схеме необходимо подключение параллельно цепи затвор-эмиттер резистора сопротивлением $10 \dots 20\text{ кОм}$.

1.1.3. Подключение модуля в схему и эксплуатация. При разработке устройств с применением IGBT модулей необходимо выполнять следующие требования.

- 1) Индуктивность силовых шин должна быть минимальной, в противном случае длинные токоведущие шины между модулем и фильтром питания могут привести к опасным выбросам напряжения при выключении модуля. Наилучшим вариантом для достижения минимальной индуктивности является применение плоских шин, разделенных изолятором. **Запрещается** устанавливать плавкие предохранители между фильтрами блока питания и силовыми ключами, так как предохранители имеют большую индуктивность.
- 2) Для защиты модулей от коммутационных перенапряжений в цепи коллектор-эмиттер следует применять снабберные RC- и RCD-цепи, установленные непосредственно на силовых выводах.
- 3) Для ограничения тока короткого замыкания при аварийном режиме рекомендуется включение между затвором и эмиттером защитной цепи, предотвращающей увеличение напряжения затвор-эмиттер при резком нарастании тока коллектора. Наилучшим вариантом является подключение параллельно цепи затвор-эмиттер последовательно соединенных диода Шоттки и конденсатора, заряженного до напряжения $+15\text{ В}$. Допускается применение в качестве защитного элемента стабилитрона на напряжение 15 В .

- 4) Для выключения тока короткого замыкания необходимо предусмотреть меры по предотвращению возникновения больших коммутационных перенапряжений, которые могут привести к выходу за область безопасной работы и пробоем модуля. Ограничение коммутационных выбросов можно осуществить несколькими методами:
 - снижение напряжения на выходе драйвера с меньшей скоростью, чем при выключении модуля в нормальном режиме работы (может производиться как по жестко заданному закону изменения напряжения на выходе драйвера, так и с использованием системы слежения за напряжением коллектор-эмиттер);
 - выключение модуля в два этапа – сначала перевод выхода драйвера в третье состояние и подключение в цепь затвор-эмиттер резистора, затем после снижения тока коллектора до номинального значения производится резкое выключение модуля.
- 5) Соединение управляющих выводов модуля с выходом драйвера должно быть осуществлено проводниками как можно меньшей длины для исключения помех в цепи управления, при этом необходимо использовать витую пару или использовать прямой монтаж платы драйвера на выводы управления модуля. Длина витой пары должна быть минимальной.
- 6) Модули высокой мощности состоят из нескольких секций, силовые выводы коллектора и эмиттера которых должны быть соединены между собой внешними шинами в соответствии с прилагаемой при поставке схемой.

1.1.4. Защита от электростатического пробоя. IGBT модули чувствительны к электростатическому разряду, поэтому при их транспортировке, монтаже и эксплуатации должны учитываться следующие требования:

- 1) При транспортировке модулей затвор и управляющий эмиттерный вывод должны быть закорочены токопроводящими перемычками, которые не должны сниматься до момента подключения модуля в схему.
- 2) Производить монтажные работы с IGBT модулями необходимо только при наличии заземления персонала через высокоомный резистор сопротивлением от 100 кОм до 1 МОм (антистатический браслет).
- 3) Все инструменты и оснастка, с которыми может контактировать модуль, должны быть заземлены.
- 4) Перед проведением измерений или испытаний необходимо убедиться, что с измерительных приборов снят весь электростатический заряд.

1.1.5. Контроль параметров. Требования предосторожности при измерении параметров и характеристик модулей:

- 1) При всех измерениях напряжение на контактах модуля необходимо увеличивать, начиная с нуля и по окончании измерений уменьшить его до нуля, не допуская обрывов в измерительных цепях до полного снятия напряжения с модуля, в противном случае возможно повреждение прибора.
- 2) Контроль блокирующего напряжения цепи коллектор-эмиттер IGBT модуля необходимо производить только при закороченной цепи затвор-эмиттер. В случае разрыва этой цепи также может произойти выход модуля из строя.

1.2. ТРЕБОВАНИЯ К МОНТАЖУ IGBT МОДУЛЕЙ.

1.2.1. Тепловой контакт модуль-охладитель. Контактные поверхности модулей и охладителей должны быть чистыми и без повреждений. Неплоскостность поверхности охладителя, ограниченной крепежными отверстиями, должна быть не более 30 мкм (в интервале между отверстиями под винты). Шероховатость контактной поверхности Ra не более 2,5 мкм. Перед монтажом на контактную поверхность модуля или охладителя необходимо нанести тонким и равномерным слоем теплопроводящий компаунд с помощью валика или шпателя. Количество компаунда является достаточным, если вокруг окончательно смонтированного на охладитель модуля наблюдается небольшое выдавливание компаунда. Во избежание неравномерного нанесения не рекомендуется использование компаундов с повышенной вязкостью. **Запрещается** наличие в компаунде, а также на поверхностях модуля или охладителя твердых частиц, так как при креплении модуля они приводят к деформации основания и разрушению внутренних элементов модуля.

1.2.2. Электрические контакты. Элементы для крепления силовых и управляющих выводов (кроме разъемов) входят в комплект поставки модулей. При использовании винтов, не приложенных в комплекте с прибором, необходимо следить за тем, чтобы их длина была достаточной для надежного соединения, в то же время винты не должны выступать за отверстие гайки под силовым выводом более чем на 3 мм. Конструкция и размещение силовых шин должны быть выбраны таким образом, чтобы исключить приложение к модулю больших механических усилий. Сечение силовых шин должно быть выбрано в соответствии с величиной тока. **Запрещается** использовать потенциальный (диагностический) вывод коллектора для нагрузки силовым током.

1.2.3. Затягивание крепежных винтов. IGBT модули крепятся к охладителю винтами высокой твердости с обязательной установкой плоских и пружинных шайб. Все крепежные винты должны быть равномерно затянуты с определенным крутящим моментом и в строго определенной последовательности (рисунки 1 - 4). Сведения по креплению IGBT модулей к охладителю и электрическому монтажу силовых и управляющих выводов приведены в таблице 8.1.

Затягивание винтов крепления к охладителю проводится в несколько этапов:

- 1) Винты ввинчиваются и затягиваются в заданной последовательности с крутящим моментом величиной 10 % от номинального значения.
- 2) Винты затягиваются в заданной последовательности с крутящим моментом величиной 30 - 40 % от номинального значения.
- 3) Винты затягиваются в заданной последовательности с номинальным крутящим моментом.
- 4) Минимум через три часа после монтажа винты необходимо довернуть, соблюдая заданный крутящий момент, так как в течении первых двух часов часть теплопроводящей пасты вытекает под влиянием давления, что вызывает уменьшение усилия прижима модуля к охладителю и ухудшение теплового контакта.

Демонтаж модулей производится в обратном порядке.

1.2.4. Пайка управляющих выводов. При монтаже управляющих выводов пайкой необходимо использование паяльников мощностью не более 60 Вт и низкотемпературных припоев с температурой плавления не выше 200 °С (например, ПОС-61). Время пайки - не более 5 секунд. Перед проведением повторной пайки необходимо охладить управляющий вывод до комнатной температуры.

Таблица 1.1.

Корпус модуля	Монтаж		
	к охладителю	силовых выводов	управляющих выводов
25x38 мм	Винт М4 2 ÷ 3 Нм	Разъем ГОСТ 25671-83 или пайка	
34x94 мм	Винт М6 3 ÷ 6 Нм	Винт М5 2.5 ÷ 5 Нм	Разъем ГОСТ 25671-83 или пайка
62x107 мм (двухключевой модуль, чоппер)	Винт М6 3 ÷ 6 Нм	Винт М6 2.5 ÷ 5 Нм	Разъем ГОСТ 25671-83 или пайка
62x107 мм (одноключевой модуль)	Винт М6 3 ÷ 6 Нм	Винт М6 2.5 ÷ 5 Нм	Винт М4 1 ÷ 2 Нм
140x130 мм, 140x190 мм	Винт М6 4 ÷ 6 Нм	Болт М8 8 ÷ 10 Нм	Винт М4 1 ÷ 2 Нм

Затягивание винтов крепления к охладителю проводится в 3 этапа.

ВНИМАНИЕ! Демонтаж модулей производится в обратном порядке.

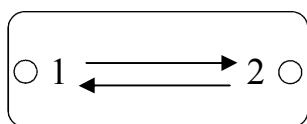


Рис. 1

Корпус 25x38, 34x94 мм

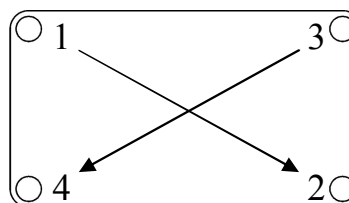


Рис. 2

Корпус 62x107 мм

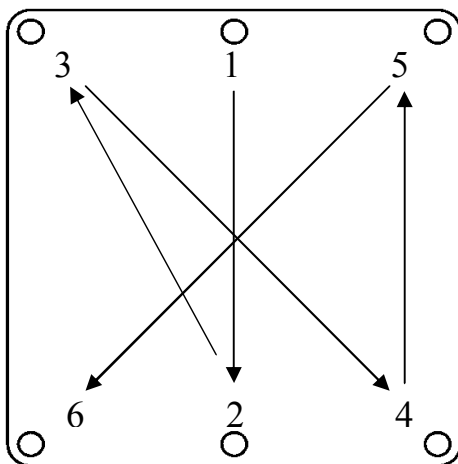


Рис. 3

Корпус 140x130 мм

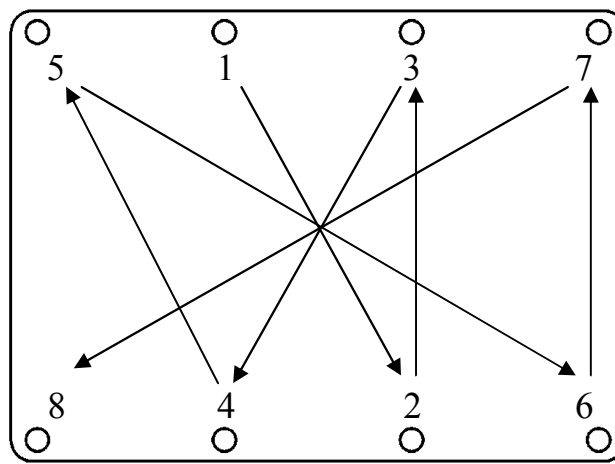


Рис. 4

Корпус 140x190 мм

1.3. ЗАЩИТА ОТ ВНЕШНИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ.

Модули должны быть защищены от воздействия агрессивных газов (диоксид серы, газообразный хлор, пары кислот и др.), так как последние способствуют быстрой коррозии выводов и оснований, что приводит к увеличению электрических и тепловых сопротивлений в контактных соединениях. Кроме этого, модули должны быть защищены от прямого попадания на них влаги. Для модулей, не находящихся под токовой нагрузкой, должны быть обеспечены условия, препятствующие конденсации влаги на корпусе и внутри прибора.

1.4. ПРОЧИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.

В конструкции модулей имеются детали из хрупких материалов (керамика Al_2O_3 или AlN , и композиционный материал $AlSiC$), поэтому при обращении с модулями необходимо обращаться аккуратно, особенно после распаковки из транспортной тары. **Запрещается** модули ронять и наносить какие-либо удары по их корпусу и основанию. Кроме этого, во избежание разрушения модулей не рекомендуется силовые и управляющие выводы изгибать и прикладывать к ним значительные механические нагрузки.