



## ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ЭКСПЛУАТАЦИИ IGBT МОДУЛЕЙ

<b>Режимы работы</b>	<p>Для гарантии надежной работы IGBT модулей рекомендуется их использование в следующих режимах.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Рабочие пиковые напряжения в схемах должны быть не более 80 %, а рабочее постоянное напряжение – не более 60 % от классификационного значения напряжения коллектор-эмиттер <math>V_{CES}</math>.</li> <li>• Повторяющееся амплитудное значение тока должно быть не более <math>70 \div 80</math> % от классификационного постоянного тока коллектора <math>I_c</math>. Ток перегрузки не должен превышать значения, установленного изготовителем для длительности импульса тока 1 мс и не должен быть повторяющимся.</li> <li>• Длительность протекания через модуль тока короткого замыкания из-за неисправности в нагрузке не должна превышать 10 мкс.</li> <li>• Температура кристалла не должна превышать 80 % от максимально допустимой температуры <math>T_{j\max}</math>.</li> <li>• 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</li> </ul>
<b>Цепь управления</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Рекомендуемое значение напряжения управления затвор-эмиттер <math>V_{GE}</math> при включении должно быть <math>+15\text{ В} \pm 10\%</math> для обеспечения минимальных потерь во включенном состоянии. При выключении рекомендуется <math>V_{GE}</math> в пределах <math>-8 \dots -15\text{ В}</math>. Этого достаточно для снижения потерь при выключении и обеспечения высокой стойкости транзистора к <math>dV/dt</math>. Времена нарастания и спада напряжения управления в рабочем режиме должны быть как можно короче. Максимальное напряжение затвор-эмиттер не должно превышать <math>\pm 20\text{ В}</math>. Для защиты затвора от статического пробоя непосредственно в схеме необходимо подключение параллельно цепи затвор-эмиттер резистора сопротивлением <math>10 \dots 20\text{ кОм}</math>.</li> </ul>
<b>Подключение модуля в схему и эксплуатация</b>	<p>При разработке устройств с применением IGBT модулей необходимо выполнять следующие требования.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 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. <b>Запрещается</b> устанавливать плавкие предохранители между фильтрами блока питания и силовыми ключами, так как предохранители имеют большую индуктивность.</li> <li>• Для защиты модулей от коммутационных перенапряжений в цепи коллектор-эмиттер следует применять снабберные RC- и RCD-цепи, установленные непосредственно на силовых выводах.</li> <li>• 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 <math>+15\text{ В}</math>. Допускается применение в качестве защитного элемента стабилизатора на напряжении 15 В.</li> <li>• 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:             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 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);</li> <li>- 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.</li> </ul> </li> <li>• 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.</li> <li>• 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</li> </ul>
<b>Защита от электростатического пробоя</b>	<p>IGBT модули чувствительны к электростатическому разряду, поэтому при их транспортировке, монтаже и эксплуатации должны учитываться следующие требования:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• При транспортировке модулей затвор и управляющий эмиттерный вывод должны быть закорочены токопроводящими перемычками, которые не должны сниматься до момента подключения модуля в схему.</li> <li>• Производить монтажные работы с IGBT модулями необходимо только при наличии заземления персонала через высокоомный резистор сопротивлением от 100 кОм до 1 МОм (антистатический браслет).</li> <li>• Все инструменты и оснастка, с которыми может контактировать модуль, должны быть заземлены.</li> <li>• Перед проведением измерений или испытаний необходимо убедиться, что с измерительных приборов снят весь электростатический заряд.</li> </ul>
<b>Контроль параметров</b>	<p>Требования предосторожности при измерении параметров и характеристик модулей:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 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.</li> <li>• 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.</li> </ul>