

# DC/DC-преобразователи с усиленной изоляцией от RECOM для увеличения срока службы IGBT-модулей

Александр ЛЕОНОВ  
alm@efo.ru  
Аида КАСАНОВА  
kam@efo.ru

IGBT-модули являются ключевыми компонентами в силовой электронике и находят свое применение в системах, где необходима быстрая коммутация мощных токов, например в преобразователях или в системах управления двигателями. Контроль над такими модулями осуществляется с помощью IGBT-драйверов, работа которых не может быть реализована без изолированных компактных DC/DC-преобразователей, а потому выбор этих источников питания представляет собой важный этап для создания надежной системы.

Благодаря возможности быстро коммутировать/переключать большие мощности с минимальными потерями, использование IGBT-модулей стало наиболее предпочтительным для многих типов схем, в том числе и для современных частотных преобразователей. Их основная задача заключается в регулировании скорости трехфазных асинхронных двигателей путем изменения частоты переключения.

## Принцип работы частотного преобразователя и управление IGBT

Преобразователь частоты состоит из трех основных компонентов: выпрямителя, промежуточного контура и преобразователя (рис. 1).

Переменное напряжение, подающееся на вход преобразователя, выпрямляется с помощью трехфазного моста в постоянный ток, он в свою очередь, проходя через промежуточную цепь, сглаживается конденсатором и подается на блоки инверто-



ра, расположенные попарно и состоящие из шести IGBT-модулей. Управление осуществляется за счет изменения широтно-

импульсной модуляции (ШИМ), в процессе которого регулируются мощность и скорость вращения двигателей.

Интегрированные в силовую цепь драйверы управления IGBT-модулями имеют плавающий потенциал, изменяющийся в соответствии с входным напряжением, то есть электрическая прочность изоляции должна быть прямо пропорциональна величине входного напряжения. В качестве изолирующих компонентов для управляющей платы от IGBT-модулей используются оптопары, а для питания — DC/DC-преобразователи с усиленной изоляцией.

IGBT-модули сочетают характеристики МОП-транзисторов на входе и биполярных транзисторов на выходе, то есть управляют

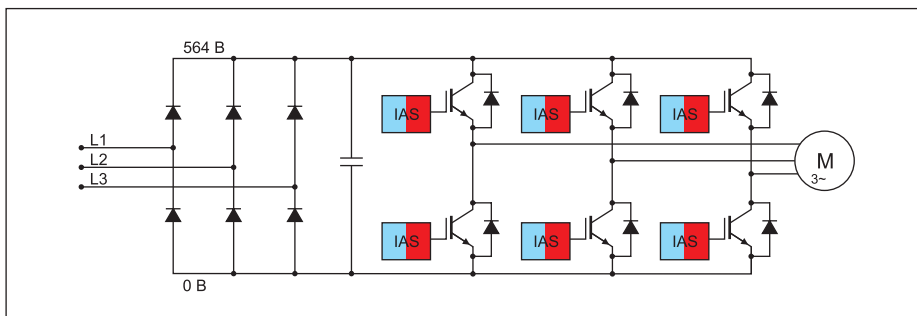


Рис. 1. Принципиальная схема преобразователя частоты

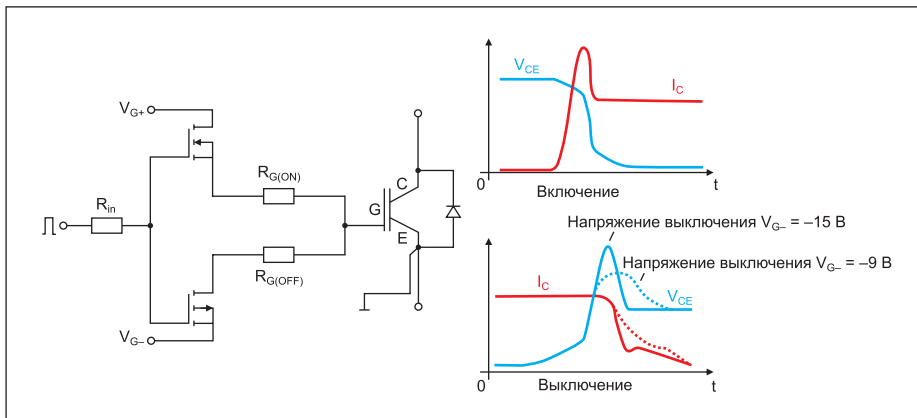


Рис. 2. Кривые токов и напряжений включения и отключения IGBT-модуля при разных значениях  $U_{\text{выкл}}$ .

## Почему изоляция является решающим фактором для увеличения срока службы IGBT-модулей?

На первый взгляд, если учитывать только номинальное рабочее напряжение (около 560 В), то проблем с выбором прочности изоляции не должно возникнуть. В этом случае можно было бы предполагать, что электрической прочности изоляции, в два раза превышающей значение напряжения, должно быть более чем достаточно. Но если принять во внимание процессы переключения на высоких частотах (более 16 кГц) и крутые фронты импульсов переключения  $dv/dt$ , то становится очевидным, что для обеспечения надежной изоляции необходимо рассматривать целый ряд аспектов. А так как время переключения обычно составляет десятки микросекунд, то и ухудшение параметров электрической изоляции проявляется не сразу. Со временем дополнительная нагрузка может привести к преждевременному выходу из строя компонента цепи, как обычно это бывает, «в самый неподходящий момент».

При выборе типа изоляции основные вопросы вызывают воздушные зазоры и пути утечки в трансформаторе. Как правило, их параметры указаны для 50 Гц, но при более высоких частотах, которые встречаются в устройствах управления двигателями и другими инверторами, они не соответствуют заданным значениям. Кроме того, крутые фронты переключения приводят к проявлению паразитных емкостей, их перезарядке и разогреву модулей. В связи с этими причинами было бы опрометчиво полагаться только на изоляцию трансформатора. К тому же производители не всегда предоставляют необходимые сведения в спецификациях своей продукции, что значительно усложняет задачу для разработчиков. Это происходит из-за того, что тестовые напряжения могут

быть минимальным током при минимальном падении напряжения на пути коллектор — эмиттер. Благодаря чему IGBT-транзисторы считаются идеальными устройствами для переключения высокого напряжения/тока с минимальным энергопотреблением.

Для включения транзистора необходимо как можно быстрее зарядить емкость затвора, в результате чего его ток достигает пикового значения, при этом за счет сопротивления  $R_G$  даже наибольшее время переключения достигается с приемлемым значением параметра  $di/dt$ . Соответственно, для выключения транзистора емкость затвора необходимо максимально быстро разрядить путем подачи управляющего напряжения обратной полярности  $V_{G-}$ .

Рассмотрим несколько вариантов реализации схем питания включения и выключения затвора IGBT.

В симметричной схеме питания напряжение +15 В служит для включения IGBT-модуля, а обратное ему (-15 В) — для выключения. Этот метод достаточно распространен, но в нем есть одно «НО»: если величина заряда затвора будет уменьшаться слишком

быстро, то компоненты устройства могут подвергаться воздействию огромных скачков напряжения. Для устранения данного недостатка были проведены расчеты и тесты, в результате которых управляющее напряжение понизили до -9 В, поскольку при таком значении затвор разряжается достаточно быстро с допустимыми значениями параметра  $dv/dt$  (рис. 2).

Таким образом, до последнего времени разработчики предпочитали симметричную схему питания с одним двухполярным преобразователем, поскольку она менее затратна и более компактна по сравнению со вторым вариантом, где требовались два преобразователя с разными выходными напряжениями.

Однако с появлением на рынке DC/DC-преобразователей с двумя асимметричными выходами на +15/-9 В от компании Recom (таблица), идеально приспособленных для работы с драйверами управления IGBT-модулей (рис. 3), появилась возможность создания схем, сочетающих лучшие качества описанных выше решений — надежность, компактность и приемлемую цену.

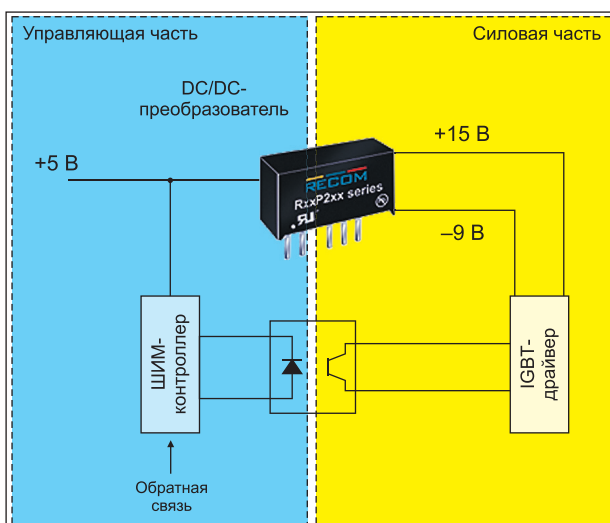


Рис. 3. Управление IGBT: схема управления (синяя) и схема питания (желтая) полностью разделены

Таблица. DC/DC-преобразователи для питания драйверов IGBT

Вид	Серия	Мощность, Вт	Изоляция, кВ	Входное напряжение, В	Выходное напряжение, В	Корпус
	RP	1	5,2	05, 09, 12, 15, 24	+15/-9	SIP7
	RV-S_D	2	6	3,3, 05, 09, 12, 15, 24	+15/-9	DIP24
	RH	1	3; 4	05, 12, 15, 24	+15/-9	SIP7
	RGZ	2	3; 4	3,3, 05, 09, 12, 15, 24	+15/-9	DIP14
	RxxPxx	1	6,4	05, 09, 12, 15, 24	+15/-9	SIP7
	RKZ	2	3; 4	05, 12, 24	+15/-9	SIP7
	RxxP2xx	2	6,4	05, 12, 15, 24	+15/-9	SIP7

прикладываться в течение «1 с», «1 мин» или же «непрерывно». Но, как известно, чем длительнее испытания, тем меньше значение напряжения, которое может выдержать прибор, поэтому рекомендуется выбирать напряжение электрической изоляции, которое значительно выше ожидаемых скачков. Двойная изоляция источников питания затвора, при которой провода разделены дополнительными изоляционными барьерами, обеспечивает гораздо большую надежность и безопасность эксплуатации IGBT-модулей.

Компания RECOM разработала специальный калькулятор для упрощения расчета напряжения изоляции, позволяющий конвертировать его значения из DC в AC и сравнивать изоляционные барьеры различных продуктов в зависимости от области применения (медицина, IGBT, CSI и другие) простым нажатием кнопки. Данный инструмент доступен в режиме онлайн (рис. 4) на сайте: [www.recom-international.com/ru/support/isolation-calculator.html](http://www.recom-international.com/ru/support/isolation-calculator.html).

### DC/DC-преобразователи для питания IGBT от компании RECOM

С целью удовлетворения потребностей максимально возможного количества приложений компания RECOM предложила

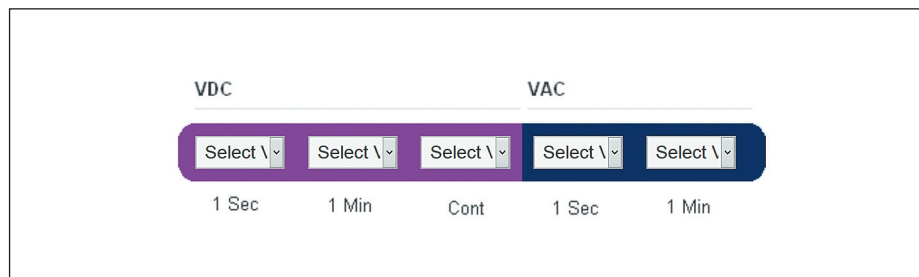


Рис. 4. Калькулятор для расчета напряжения электрической прочности изоляции

семь новых серий источников питания, реализованных специально для работы с IGBT-драйверами. Все модели оснащены асимметричными выходами +15/-9 В с входными напряжениями 5, 12 или 24 В. Особое внимание было уделено уровням изоляции новых продуктов. Теперь можно подобрать подходящие значения практически для всех возможных применений: от 3 кВ (RH-xx1509D) до 6,4 кВ (RxxP1509D).

Чаще всего разработчикам требуется учитывать размеры компонентов, поэтому новые DC/DC-преобразователи для схем на базе IGBT стали доступны в нескольких вариантах: в компактных SIP7-корпусах (RP-xx1509D), в корпусе DIP14 (RKZ-xx1509D) или в плоских DIP24-модулях (RV-xx1509D).

Все модули сертифицированы в соответствии со стандартом EN60950-1 и удовлетворяют требованиям REACH и RoHS2, то есть не содержат опасных веществ.

### Литература

1. Источники питания Recom. [www.powel.ru/producers/recom/igbt\\_converter.html](http://www.powel.ru/producers/recom/igbt_converter.html)
2. [www.powel.ru/producers/recom](http://www.powel.ru/producers/recom)
3. Леонов А., Касанова А. Варианты создания систем тестирования силовой электроники на базе новинок компании Elektro-Automatik // Компоненты и технологии. 2015. № 6.