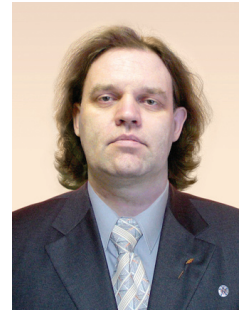


Андрей Самоделов (г. Москва)

# ТРАНЗИСТОР «ОТ ШЕФА»: ОСОБЕННОСТИ IGBT КОМПАНИИ STMICROELECTRONICS



Линейка IGBT-транзисторов компании STMicroelectronics включает IGBT с рабочим напряжением 400 В для силовых инверторов, IGBT с рабочим напряжением 600 В для мостовых и полумостовых драйверов управления электродвигателями в стационарных устройствах и IGBT с рабочим напряжением 900...1300 В для силовых модулей и систем управления электродвигателями автомобилей. А если добавить сюда интеллектуальные IGBT-модули SLLIMM мощностью от 300 Вт до 2 кВт для бытовой электротехники и промышленных применений средней мощности, то понятно, что в IGBT-меню от STM есть блюда на любой вкус.

В начале 1980-х годов была создана полупроводниковая технология, объединяющая преимущества высокого входного сопротивления МОП-транзисторов и низкого сопротивления и малого времени переключения биполярных транзисторов. Выпускаемые по этой технологии приборы получили название «биполярный транзистор с изолированным затвором» (*Insulated Gate Bipolar Transistors, IGBT*). Транзисторы быстро заняли достойное место на рынке приложений, для которых требовалось большой рабочий ток (десятки Ампер), высокое рабочее напряжение (400 В и более) и высокая частота переключения (более 100 кГц). Основными производителями IGBT-транзисторов являются компании IR, Fairchild, Infineon и ST.

В данной статье будут рассмотрены принципы работы IGBT-транзисторов, IGBT транзисторы компании ST и интеллектуальные силовые модули компании ST, основанные на IGBT-транзисторах.

## Что такое IGBT-транзисторы?

Биполярные транзисторы с изолированным затвором – это приборы на неосновных носителях заряда с высоким входным импедансом, характерным для полевых транзисторов, и большим допустимым током в открытом состоянии, характерным для биполярных транзисторов. Большинство разработчиков рассматривают IGBT как приборы с входными характеристиками МОП-транзисторов и выходными характеристиками биполярных транзисторов, которые объединены в управляемый напряжением биполярный транзистор. Транзисторы со структурой IGBT были созданы, что-

бы использовать преимущества силовых MOSFET и биполярных транзисторов. В результате появились приборы с функциональной интеграцией силовых MOSFET и биполярных транзисторов в монолитном виде. IGBT соединяют в себе лучшие качества обоих типов.

IGBT можно использовать во многих приложениях силовой электроники, особенно в драйверах систем управления с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ) для сервомоторов и трехфазных асинхронных двигателей, для которых требуется большой динамический диапазон управления и малый уровень электромагнитных помех. Кроме того, IGBT можно использовать в источниках бесперебойного питания (ИБП, UPS), импульсных источниках питания (SMPS), и других силовых схемах, для которых требуется высокая частота переключения. IGBT позволяют улучшить динамическую производительность и эффективность, и уменьшают уровень электромагнитных излучений. Они великолепно подходят для схем конвертеров, работающих в резонансном режиме.

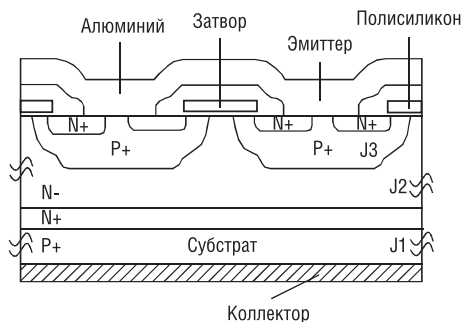


Рис. 1. Схематическое представление N-канального IGBT

Доступны IGBT, оптимизированные как для низких значений потерь, связанных с конечной проводимостью, так и для низких значений потерь, связанных с зарядом переключения.

IGBT, по сравнению с силовыми MOSFET и биполярными транзисторами имеют следующие основные преимущества:

1. В открытом состоянии из-за модуляции проводимости они имеют очень маленькое падение напряжения и чрезвычайно большую допустимую плотность. Возможность изготовления транзисторов в миниатюрных корпусах значительно снижает их стоимость.

2. Малая мощность управления и простая схема управления за счет МОП-структуры входного каскада. Обеспечивают возможность более простого управления, чем для приборов с токовым управлением (тиристор, биполярный транзистор) в высоковольтных и высокочастотных приложениях.

3. Широкая область надежной работы (SOA). Приборы имеют большую возможность проводить ток по сравнению с биполярными транзисторами. Кроме того, транзисторы хорошо проводят ток в прямом направлении и практически не проводят в обратном.

## Основные недостатки IGBT:

1. Скорость переключения ниже, чем у силовых MOSFET и выше, чем у биполярных транзисторов. При закрывании транзистора ток коллектора имеет хвост

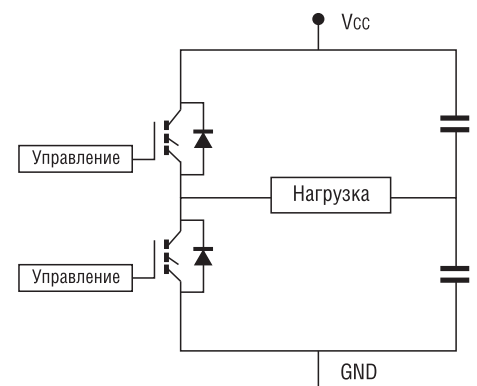


Рис. 2. Упрощенная схема полумостового инвертора

Таблица 1. IGBT с рабочим напряжением 400 В

Наименование	Напряжение коллектор-эмиттер (V <sub>ces</sub> ) max, В	Ток коллектора (I <sub>C</sub> ) (@ T <sub>c</sub> = 100°C) max, А	V <sub>ce(sat)</sub> (при T <sub>c</sub> = 125°C) тип., В	Ток коллектора (I <sub>C-DC</sub> ) (@ V <sub>ce(sat)</sub> ) тип., А	Потери на переключение (E <sub>off</sub> ) (при T <sub>c</sub> =125°C) тип, мДж	Анти параллельные диоды	Частота переключения max, кГц	Рассеиваемая мощность (P <sub>D</sub> ) max, Вт	Тип корпуса
STGB10NB37LZ	410	10	1,3	20	8,7	—	1	125	D2PAK
STGP10NB37LZ	410	10	1,3	20	8,7	—	1	125	TO-220
STGB10NB40LZ	410	10	1,3	20	8,7	—	1	150	D2PAK
STGB18N40LZ	390	30	1,3	10	—	—	1	125	D2PAK; TO-220
STGD18N40LZ	390	25	1,3	10	—	—	1	125	DPAK; IPAК
STGP18N40LZ	390	30	1,3	10	—	—	1	150	TO-220
STGB20NB37LZ	400	20	1,3	20	17,8	—	1	200	D2PAK
STGB20NB41LZ	410	20	1,3	20	18,4	—	1	200	D2PAK
STGB35N35LZ	350	30	1,35	15	—	—	1	176	D2PAK; TO-220
STGP35N35LZ	350	30	1,35	15	—	—	1	176	TO-220

Таблица 2. IGBT с рабочим напряжением 600 В и током более 50 А

Наименование	Напряжение коллектор-эмиттер (V <sub>ces</sub> ) max, В	Ток Коллектора (I <sub>C</sub> ) (@ T <sub>c</sub> = 100°C) max, А	V <sub>ce(sat)</sub> (при T <sub>c</sub> = 125°C) тип., В	Ток коллектора (I <sub>C-DC</sub> ) (@ V <sub>ce(sat)</sub> ) тип., А	Потери на переключение (E <sub>off</sub> ) (при T <sub>c</sub> =125°C) тип, мДж	Анти параллельные диоды	Частота переключения max, кГц	Рассеиваемая мощность (P <sub>D</sub> ) max, Вт	Тип корпуса
STGE50NC60VD	600	50	1,7	40	1,4	Ultra Fast	50	260	ISOTOP
STGE50NC60WD	600	50	1,9	40	0,9	Ultra Fast	100	260	ISOTOP
STGW50HF60DF	600	50	2,1	50	1,1	Ultra Fast	50	360	TO-247
STGW50HF60S	600	60	1,05	30	7,8	No	1	284	TO-247
STGW50HF60SD	600	50	1,05	30	7,8	Low Drop	1	284	TO-247
STGW50NC60W	600	50	1,9	40	0,9	—	100	278	TO-247
STGY50NC60WD	600	50	1,9	40	0,9	Ultra Fast	100	278	Max247
STGWA60NC60WDR	600	60	1,9	40	0,9	Ultra Fast	100	340	TO-247 long leads
STGW60H65F	650	60	2,1	60	1,4	—	100	360	TO-247
STGE200NB60S	600	150	1,2	150	92	—	1	600	ISOTOP

Таблица 3. IGBT с рабочим напряжением 900...1300 В

Наименование	Напряжение коллектор-эмиттер (V <sub>ces</sub> ) max, В	Ток Коллектора (I <sub>C</sub> ) (@ T <sub>c</sub> = 100°C) max, А	V <sub>ce(sat)</sub> (при T <sub>c</sub> = 125°C) тип., В	Ток коллектора (I <sub>C-DC</sub> ) (@ V <sub>ce(sat)</sub> ) тип., А	Потери на переключение (E <sub>off</sub> ) (при T <sub>c</sub> =125°C) тип, мДж	Анти параллельные диоды	Частота переключения max, кГц	Рассеиваемая мощность (P <sub>D</sub> ) max, Вт	Тип корпуса
STGW30N90D	900	30	2	20	6,9	Ultra Fast	20	220	TO-247
STGF3NC120HD	1200	3	2,2	3	0,6	Ultra Fast	20	25	TO-220FP
STGD5NB120SZ	1200	5	1,2	5	10	—	1	75	DPAK; IPAК
STGB3NC120HD	1200	7	2,2	3	0,6	Ultra Fast	20	75	D2PAK
STGP3NC120HD	1200	7	2,2	3	0,6	Ultra Fast	20	75	TO-220
STGW25H120DF	1200	25	2,3	25	1,5	Ultra Fast	20	330	TO-247
STGW30N120KD	1200	30	2,7	20	5,8	Ultra Fast	20	220	TO-247
STGW30NC120HD	1200	30	2	20	6,9	Ultra Fast	20	220	TO-247
STGW35NC120HD	1200	34	2	20	6,9	Ultra Fast	20	250	TO-247-II
STGW40N120KD	1200	40	2,7	30	9,3	Ultra Fast	20	240	TO-247
STGW38IH130D	1300	33	2	20	6,4	Ultra Fast	20	250	TO-247; TO-247-II
STGWT38IH130D	1300	33	2	20	6,4	Ultra Fast	20	250	TO-3P

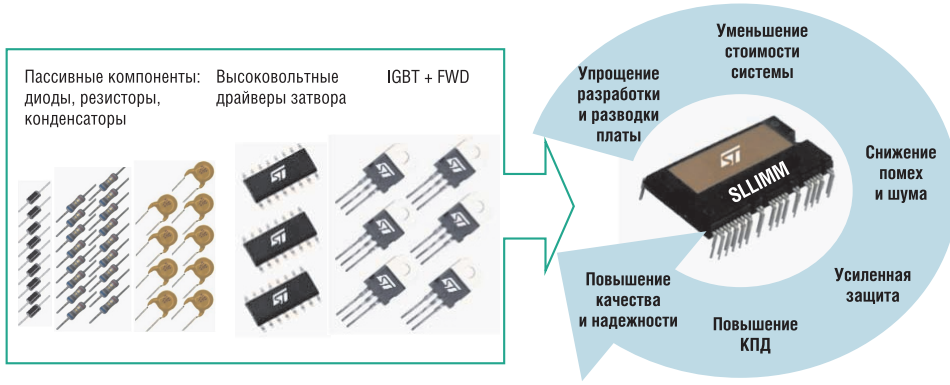


Рис. 3. Преимущества замещения дискретных компонентов интеллектуальным модулем

за счет небольшой проводимости, вызванной малой скоростью закрывания.

2. Возможность «защелкивания» из-за внутренней тиристороподобной PNPN-структуры.

IGBT-структура пригодна для повышения значения запирающего напряжения (напряжение отсечки). В случае силовых MOSFET с увеличением напряжения отсечки резко растет сопротивление канала транзистора в открытом состоянии из-за увеличения удельного сопротивления и ширины области дрейфа носителей заряда, необходимой для поддержания высокого рабочего напряжения. По этим причинам обычно избегают разрабатывать силовые MOSFET,

рассчитанные на большой допустимый ток, с высоким значением запирающего напряжения. Напротив, для IGBT удельное сопротивление области дрейфа носителей заряда существенно уменьшается за счет высокой концентрации инжектированных носителей заряда вызванных протеканием тока в открытом состоянии. Прямое падение напряжения на области дрейфа начинает зависеть от ее толщины и не зависит от начального удельного сопротивления.

#### Устройство IGBT транзистора

Транзисторы IGBT объединяют преимущества силовых MOSFET и биполярных транзисторов. Упрощенно

можно считать, что структура IGBT является комбинацией двух приборов. Как показано на рисунке 1, на входе IGBT имеется структура MOS-затвора, а на выходе – структура PNP-транзистора с широкой базой. Управляющий базовый ток для PNP-транзистора поступает из канала входного MOSFET. Кроме PNP-транзистора, имеется еще и NPN-транзистор, который предназначен для деактивации короткого замыкания между базой и эмиттером за счет слоя металла, образующего исток MOSFET. Четырехслойная структура PNPN, получающаяся от комбинации PNP и NPN транзистора формирует структуру тиристора, которая приводит к возможности «защелкивания». В отличие от мощного MOSFET-транзистора, IGBT не имеет интегрального обратного смещенного диода, который в MOSFET-транзисторах существует паразитно, и поэтому в случае необходимости в IGBT в транзистор вводится быстрый диод.

#### Технологии PT и NPT изготовления IGBT-транзисторов

IGBT называется PT (*punch-through*) или асимметричным, если имеется N+ буферный слой между P+ подложкой и N-областью дрейфа. В противном случае, он называется NPT (*non-punchthrough*) или асимметричным IGBT. N+ буфер-

Таблица 4. Основные характеристики интеллектуальных силовых модулей (IPM) компании ST

Особенности	Базовая версия	Полнофункциональная версия			
	STGIPS10K60A	STGIPS14K60	STGIPL14K60	STGIPS20K60	STGIPL20K60
Рабочее напряжение, В	600	600	600	600	600
Рабочий ток при T <sub>c</sub> =25 °C, А	10	14	15	18	20
R <sub>thJC</sub> max. Для одного IGBT, °C/Вт	3,8	3	2,8	2,4	2,2
Тип корпуса	SDIP-25L	SDIP-25L	SDIP-38L	SDIP-25L	SDIP-38L
Размер корпуса, мм (X, Y, Z)	44,4x22,0x5,4	44,4x22,0x5,4	49,6x24,5x5,4	44,4x22,0x5,4	49,6x24,5x5,4
Технология DBC	Да	Да	Да	Да	Да
NTC	Да	Да	Да	Да	Да
Встроенные ограничительные диоды	Да	Да	Да	Да	Да
Функция SD	Нет	Да	Да	Да	Да
Компаратор для защиты от коротких замыканий	Нет	Да (1 вывод)	Да (3 вывода)	Да (1 вывод)	Да (3 вывода)
Функция интеллектуального отключения	Нет	Да	Да	Да	Да
Операционный усилитель для увеличения чувствительности датчика тока	Нет	Нет	Да	Нет	Да
Функция взаимного выключения	Да	Да	Да	Да	Да
Блокировка при перегрузке по напряжению	Да	Да	Да	Да	Да
Конфигурация с открытым эмиттером	Да (3 вывода)	Да (3 вывода)	Да (3 вывода)	Да (3 вывода)	Да (3 вывода)
Совместимость с входными логическими уровнями 3,3/5 В	Да	Да	Да	Да	Да
Входной сигнал для IGBT-транзисторов верхнего плеча	Высокий активный уровень	Высокий активный уровень	Высокий активный уровень	Высокий активный уровень	Высокий активный уровень
Входной сигнал для IGBT-транзисторов нижнего плеча	Высокий активный уровень	Низкий активный уровень	Низкий активный уровень	Низкий активный уровень	Низкий активный уровень

Таблица 5. Оценочные платы на базе IGBT и модулей от ST

Наименование	Особенности	Внешний вид
STEVAL-IHM025V1	1 x IGBT SLLIMM STGIPL14K60 1 преобразователь, основанный на Viper16 1 x IGBT STGP10NC60KD	
STEVAL-IHM027V1	1 x IGBT SLLIMM STGIPS10K60A 1 преобразователь, основанный на Viper16 1 x IGBT STGP10NC60KD	
STEVAL-IHM028V1	1 x IGBT SLLIMM STGIPS20K60 1 x ШИМ SMPS VIPer26LD 1 x IGBT STGW35NB60SD	
STEVAL-IHM021V1	3 интеллектуальных драйвера с ШИМ L6390 6 мощных переключающих MOSFET-транзисторов STD5N52U	
STEVAL-IHM023V1	3 интеллектуальных драйвера с ШИМ L6390 7 мощных переключающих IGBT STGP10NC60KD	
STEVAL-IHM024V1	3 интеллектуальных драйвера с ШИМ L6390 6 мощных переключающих IGBT STGDL35NC60DI	

ный слой увеличивает скорость выключения транзистора путем уменьшения инжекции неосновных носителей заряда и увеличения скорости рекомбинации при переключении транзистора. Кроме того, вероятность «защелкивания» также уменьшается за счет уменьшения коэффициента усиления по току PNP-транзистора. Основная проблема состоит в том, что увеличивается падение напряжения на открытом транзисторе. Однако толщину дрейфовой области N- можно уменьшить путем подачи напряжения прямого смещения. В результа-

те уменьшится падение напряжения на открытом транзисторе. Следовательно, PT-IGBT имеют более удачные характеристики по сравнению с NPT-IGBT в отношении скорости переключения и прямого падения напряжения. В настоящее время большинство серийных IGBT выпускается по PT-IGBT технологии. Возможности прямого и обратного запираания IGBT приблизительно равны, поскольку определяются толщиной и удельным сопротивлением одного и того же дрейфовой области N-. Обратное напряжение для PT-IGBT транзистора,

который содержит буферный слой N+ между подложкой P+ и областью дрейфа N-, уменьшается до десятков вольт из-за наличия высоколегированных областей с обеих сторон зоны J1.

Ряд IGBT, изготавливаемых без буферного слоя N+, называются NPT (*non-punch through*) IGBT, в то время как транзисторы, у которых присутствует данный слой, называются PT (*punch-through*) IGBT. При правильном выборе степени легирования и толщины буферного слоя, его присутствие может значительно увеличить производительность

транзисторов. Несмотря на физическое сходство, работа IGBT больше напоминает работу мощного биполярного транзистора, чем мощного MOSFET. Это происходит из-за того, что слой подложки P+ (инжекционный слой) отвечает за инжекцию неосновных носителей заряда в область дрейфа N-, что приводит к модуляции удельного сопротивления.

Технологически транзистор IGBT получают из транзистора MOSFET путем добавления еще одного биполярного транзистора структуры PNP. Эквивалентная крутизна IGBT значительно превышает крутизну MOSFET, и ее значением можно управлять на этапе изготовления IGBT. Еще одним достоинством IGBT является значительное снижение (по сравнению с MOSFET) последовательного сопротивления силовой цепи в открытом состоянии. Благодаря этому снижаются тепловые потери на открытом транзисторе.

По результатам исследований было выяснено, что у IGBT отсутствует участок вторичного пробоя, характерный для обычных биполярных транзисторов. Быстродействие IGBT ниже, чем у MOSFET, но выше, чем у биполярных транзисторов, поэтому их используют на частотах порядка 100 кГц. Ограничение скорости переключения IGBT кроется в конечном времени жизни неосновных носителей в базе PNP-транзистора. Накопленный в базе PNP-транзистора заряд вызывает характерный «хвост» тока при закрывании IGBT. Причина этого заключается в том, что как только имеющийся в составе IGBT-транзистора MOSFET закрывается, в силовой цепи начинается рекомбинация неосновных носителей заряда, которая предшествует возникновению «хвоста». Этот «хвост» служит причиной основных те-

пловых потерь и требует введения так называемого «мертвого времени» в схемах управления мостовыми и полумостовыми инверторами. Поскольку база PNP-транзистора сделана недоступной извне, то меры по уменьшению «хвоста» можно принять только на этапе изготовления транзистора. На рисунке 2 показана упрощенная схема полумостового инвертора.

### IGBT-транзисторы компании ST

Все выпускаемые компанией ST IGBT транзисторы можно разделить на три основные категории:

1. IGBT с рабочим напряжением 400 В для силовых инверторов,
2. IGBT с рабочим напряжением 600 В для мостовых и полумостовых драйверов управления электродвигателями в стационарных устройствах,
3. IGBT с рабочим напряжением 900...1300 В для силовых модулей и систем управления электродвигателями электромобилей.

Наиболее массовой является категория транзисторов с рабочим напряжением 600 В.

В таблицах 1, 2, 3 показаны характеристики некоторых IGBT каждой из указанных категорий.

### Интеллектуальные силовые модули (IPM) на базе IGBT-семейства SLLIMM от ST

Семейство SLLIMM интеллектуальных силовых модулей создано для удовлетворения требований широкого класса конечных приложений в диапазоне мощностей от 300 Вт до 2,0 кВт, таких как:

- Стиральные машины
- Посудомоечные машины
- Холодильники

- Драйверы компрессоров кондиционеров воздуха
- Швейные машины
- Насосы
- Электроинструменты
- Промышленные устройства управления малой мощности

Интеллектуальные силовые модули (IPM) на базе IGBT расширяют диапазон продуктов компании ST для силовых приложений. Это — решения с превосходными тепловыми характеристиками, которые упрощают разработку, объединяя специфичные для приложений IGBT и диоды, запатентованные функции управления, интеллектуальную защиту и множество дополнительных функций.

Модули IPM допускают непосредственное подключение к микроконтроллерам, преобразуя выходные сигналы микроконтроллера в мощные высоковольтные сигналы необходимой для управления электродвигателями формы. Один модуль способен заменить более 30 дискретных компонентов, значительно повышая надежность и уменьшая размер и стоимость изделий. На рисунке 3 показаны преимущества замещения дискретных компонентов интеллектуальным модулем.

В состав каждого интеллектуального модуля входят следующие узлы и компоненты:

- Трехфазный IGBT мостовой инвертор, включающий:
  - Шесть IGBT с малыми потерями и схемами защиты от коротких замыканий,
  - Шесть диодов свободного хода (freewheeling) с малым падением напряжения и плавным восстановлением;
- Три ИС управления для управления и защиты ключей, включая:

Таблица 6. Супер MOSFET-транзисторы от ST

Наименование	$V_{DSS}$ , В	$R_{DS(вкл)}$ (при $V_{GS}=10$ В) max, Ом	Ток стока (Dc)(I <sub>D</sub> ) max, А	Рассеиваемая мощность (PD) max, Вт	Заряд переключения (Qg) тип., нКл	Особенности	Заряд обратного восстановления (Qrr) тип (нКл)	Время обратного восстановления (trr) тип., нсек	Пиковый обратный ток (I <sub>RRM</sub> ) ном., А	Тип корпуса
STE70NM50	500	0,05	70	600	190	—	—	552	42	ISOTOP
STW27NM60ND	600	0,016	21	160	80	Fast diode	—	—	—	TO-247
STW62NM60N	600	0,049	55	350	130	—	—	—	—	TO-247
STW77N65DM5	650	0,043	65	400	185	Fast diode	—	—	—	TO-247
STW77N65M5	650	0,038	69	400	185	—	—	—	—	TO-247
<b>STY112N65M5*</b>	<b>650</b>	<b>0,019</b>	<b>93</b>	<b>450</b>	<b>360</b>	—	—	—	—	<b>Max247</b>
STY60NM50	500	0,05	60	560	190	—	—	552	42	Max247
STY80NM60N	600	0,035	74	560	360	—	—	—	—	Max247

\* Выдающееся значение рабочего тока при низком сопротивлении открытого канала.

Таблица 7. Высоковольтные MOSFET-транзисторы от ST

Наименование	$V_{DSS}$ , В	$R_{DS}$ (вкл) (при $V_{GS}=10В$ ) max, Ом	Ток стока ( $I_D$ ) max, А	Рассеиваемая мощность ( $P_D$ ) max, Вт	Заряд переключения затвора ( $Q_g$ ) тип, нКл	Заряд обратного восстановления ( $Q_{rr}$ ) тип, нКл	Время обратного восстановления ( $t_{rr}$ ) тип, нсек	Максимальный обратный ток ( $I_{RRM}$ ) ном., А	Тип корпуса
<b>п-канальные с рабочим напряжением +1500 В</b>									
STFW3N150	1500	9	2,5	63	29,3	–	–	–	TO-3PF
STFW4N150	1500	7	4	63	30	–	–	–	TO-3PF
STP3N150	1500	12	2,5	140	18	–	–	–	TO-220
STP4N150	1500	7	3,1	160	35	–	510	12	TO-220
STW3N150	1500	9	2,5	140	29,3	–	–	–	TO-247
STW4N150	1500	7	4	160	30	–	510	12	TO-247
STW9N150	1500	2,5	8	320	89,3	–	–	–	TO-247
<b>р-канальные с рабочим напряжением -500 В</b>									
STD3PK50Z	500	4	-2,8	70	20	–	–	–	DPAK

– Функцию интеллектуального отключения,

– Компаратор для защиты от превышения током предельно допустимого значения при коротком замыкании,

– Операционный усилитель для увеличения чувствительности датчика тока,

– Три интегрированных ограничительных диода,

– Функцию взаимного отключения,

– Блокировку при перегрузках по напряжению;

• Терморезисторы с отрицательным ТКС (NTC) для наблюдения за температурой;

• Конфигурация с открытым эмиттером для установки индивидуального для каждой фазы датчика тока;

• Полностью изолированный корпус, выполненный по технологии DBC с повышенной теплоотдачей;

• Номинальное напряжение изоляции 2500 В с.к.з.;

• Некоторые пассивные компоненты для оптимизации скорости переключения IGBT транзисторов;

• Схемы смещения для драйверов ключей верхнего плеча и фильтрации помех.

Модули IPM компании ST используют корпуса, выполненные по технологии DBC (*direct-bond copper*) – прямой металлизации медью, и процессы вакуумной сварки, что гарантирует лучший отвод тепла и меньшее электрическое сопротивление и позволяет получать большие удельные мощности и увеличивать надежность систем.

### Ключевые особенности и преимущества IPM

#### Особенности

• 600 В, трехфазный мостовой инвертор на базе IGBT, включая ИС управления ключами и диоды свободного хода

• Защита IGBT от короткого замыкания

• Полностью изолированный корпус, выполненный по технологии DBC с повышенной теплоотдачей

• Функция интеллектуального отключения

• Компаратор для защиты от превышения током предельно допустимого значения при коротком замыкании

• Операционный усилитель для увеличения чувствительности датчика тока

• Встроенные ограничительные диоды

• Малый форм-фактор

#### Преимущества

• Удобство управления от микроконтроллера

• Высокая эффективность и надежность

• Очень низкое тепловое сопротивление  $R_{th}$

• Уменьшенное количество компонентов

• Оптимизированная топология печатной платы

• Уменьшение размера печатной платы (компактная конструкция)

• Малая интенсивность отказов

• Простота реализации алгоритма управления по полю (FOC) без использования дополнительных датчиков

В таблице 4 представлены основные характеристики IPM компании ST.

### Оценочные платы от ST

Компания ST выпускает ряд оценочных плат на базе IGBT и интеллектуальных модулей на их основе. В таблице 5 приведены основные отличительные особенности этих плат.

Универсальная оценочная плата STEVAL-ИНМ028V1 разработана на базе интеллектуального модуля трехфазного мостового инвертора STGIPS20K60 компании ST с рабочим напряжением 600 В и рабочим током 20 А. Модуль имеет встроенные компараторы для аппаратной защиты (такой как защита от перегрузок по току и защита от перегрева).

Оценочная плата STEVAL-ИНМ028V1 имеет следующие отличительные особенности:

• Законченное решение для силового инвертора мощностью 2 кВт,

• Подключение к однофазной силовой сети с напряжением 90...285 В переменного тока или к источнику постоянного тока с напряжением до +400 В,

• Входной удвоитель напряжения для подключения к низковольтной силовой сети переменного тока,

• Ограничитель входного пускового тока с проходным реле,

• Устройство активного торможения с компаратором перегрузки по напряжению;

- Измерение тока как с тремя, так и с одним датчиком тока;
- Возможность подключения датчиков Холла или энкодера,
- Вход тахометра,
- Аппаратная защита от перегрева и перегрузок по току,
- Активное воздушное охлаждение с автоматическим переключением при повышении температуры,
- Компактная и безопасная конструкция,
- Универсальная платформа для проведения последующих экспериментов.

**MOSFET-транзисторы от компании ST**

Кроме IGBT, компания ST выпускает также MOSFET-транзисторы, параметры наиболее выдающихся из которых приведены в таблице 6.

Особого внимания также заслуживают высоковольтные силовые MOSFET-транзисторы: n-канальные с рабочим напряжением до +1500 В и р-канальные с рабочим напряжением до -500 В. Основные параметры транзисторов представлены в таблице 7.

**Литература**

1. ST. AN1491. IGBT BASICS. [http://www.st.com/internet/com/TECHNICAL\\_RESOURCES/](http://www.st.com/internet/com/TECHNICAL_RESOURCES/)

*TECHNICAL\_LITERATURE/APPLICATION\_NOTE/CD00004307.pdf*

2. ST. 600 V SiC diodes. [http://www.st.com/internet/com/SALES\\_AND\\_MARKETING\\_RESOURCES/MARKETING\\_COMMUNICATION/FLYER/fl600vsi.pdf](http://www.st.com/internet/com/SALES_AND_MARKETING_RESOURCES/MARKETING_COMMUNICATION/FLYER/fl600vsi.pdf)

3. [http://www.st.com/internet/com/SALES\\_AND\\_MARKETING\\_RESOURCES/MARKETING\\_COMMUNICATION/FLYER/flightinte0710.pdf](http://www.st.com/internet/com/SALES_AND_MARKETING_RESOURCES/MARKETING_COMMUNICATION/FLYER/flightinte0710.pdf)

4. [http://www.st.com/internet/com/SALES\\_AND\\_MARKETING\\_RESOURCES/MARKETING\\_PRESENTATIONS/PRODUCT\\_PRESENTATION/stforsolarenergy\\_marketing\\_pres.pdf](http://www.st.com/internet/com/SALES_AND_MARKETING_RESOURCES/MARKETING_PRESENTATIONS/PRODUCT_PRESENTATION/stforsolarenergy_marketing_pres.pdf)

5. <http://www.st.com/internet/analog/class/826.jsp>

6. [http://www.st.com/internet/com/SALES\\_AND\\_MARKETING\\_RESOURCES/MARKETING\\_PRESENTATIONS/PRODUCT\\_PRESENTATION/steval\\_ihm028v1\\_marketing\\_pres.pdf](http://www.st.com/internet/com/SALES_AND_MARKETING_RESOURCES/MARKETING_PRESENTATIONS/PRODUCT_PRESENTATION/steval_ihm028v1_marketing_pres.pdf)

Получение технической информации, заказ образцов, поставка – e-mail: [power.vesti@compel.ru](mailto:power.vesti@compel.ru)

**Где есть IGBT/MOSFET транзисторы, там есть и драйверы затворов**

В линейке аналоговых и смешанных интегральных схем, выпускаемых компанией **STMicroelectronics**, важное место занимают драйверы MOSFET- и IGBT-транзисторов. Ранние разработки содержат микросхемы драйверов, управляющих включением или выключением одиночного MOSFET- или IGBT-транзистора (категория «Single» в терминах компании STMicroelectronics, серии **TD220**, **TD350**). При определенной схеме включения данные драйверы могут управлять нагрузкой как верхнего, так и нижнего плеча. Отметим также микросхему **TD310** – три независимых одиночных драйвера в одном корпусе. Такое решение будет эффективным при управлении трехфазной нагрузкой.

Самыми современными драйверами являются серии высоковольтных полумостовых драйверов **L6384...**, **L6388** и **L639x**. Данные микросхемы независимых драйверов верхнего и нижнего плеча управляются по входам HIN и LIN. Причем высокий уровень логического сигнала включает, соответственно, верхнее или нижнее плечо драйвера. В некоторых из этих драйверов используется дополнительный вход SD, отключающий оба плеча независимо от состояния на входах HIN и LIN. В документации «L638xE Application Guide» компании STMicroelectronics приведены примеры схемы управления трехфазным двигателем, схемы балласта люминесцентной лампы с диммированием, DC/DC-преобразователей с различной архитектурой и ряд других. Также приведены схемы демонстрационных плат для всех микросхем данного семейства (в том числе и топология печатных плат).

Драйверы серии L639x отличаются дополнительным функционалом: операционные усилители (в **L6390** и **L6392**) предназначены для измерения тока, протекающего через нагрузку. Все микросхемы содержат логику защиты от одновременного открытия транзисторов верхнего и нижнего плеча и, соответственно, формирования паузы при изменении состояния выхода.

## IGBT-ТРАНЗИСТОРЫ

### от STMicroelectronics

- Рабочие напряжения **300...1300 В**
- Высокие рабочие частоты до **100 кГц**
- Широкий диапазон рабочих токов **3...150 А**
- Антипараллельные диоды для быстрого переключения

**ПРИМЕНЕНИЯ:**

- Инверторы
- Сварочные аппараты
- Управление электроприводом
- PFC-корректоры, ИБП

Москва  
Тел.: (495) 995-0901  
E-mail: [msk@compel.ru](mailto:msk@compel.ru)

Санкт-Петербург  
Тел.: (812) 327-9404  
E-mail: [spb@compel.ru](mailto:spb@compel.ru)

**Компэл**  
[www.compel.ru](http://www.compel.ru)