

Вячеслав Гавриков (г. Смоленск)

ПРОВЕРКА БОЕМ: ПРИМЕНЕНИЕ IGBT ОТ ST В СОСТАВЕ ИНВЕРТОРОВ СВАРОЧНЫХ АППАРАТОВ ММА



STMicroelectronics выпускает несколько серий IGBT-транзисторов и мощных быстродействующих диодов, идеально подходящих для создания инверторов сварочных аппаратов. Сверхсовременные IGBT серий **V**, **H**, **HB**, **M** и диоды серии **W** отличаются малыми потерями на переключения и низким напряжением насыщения. Эти замечательные качества были подтверждены на практике при испытании ММА-инверторов мощностью 4 и 6 кВт.

Рынок сварочного оборудования представляет собой быстроразвивающуюся отрасль силовой электроники. На сегодня существует множество типов сварочных аппаратов:

- с различными технологиями — ручная дуговая сварка плавящимся электродом (*manual metal arc, MMA*), ручная сварка в среде защитных газов (*tungsten inert gas, TIG*), полуавтоматическая сварка в среде инертных газов (*metal inertgas, MIG*) или активных газов (*metal active gas, MAG*);
- с различными источниками тока — трансформаторные, инверторные;
- с постоянным выходным током (например, для сварки стали) или с переменным током (например, для сварки алюминия).

Наиболее распространенным типом сварочной технологии является ММА. Она отличается простотой и применяется как в профессиональных, так и в бытовых аппаратах. Структура такого сварочного аппарата достаточно проста и состоит из источника тока, выходного выпрямителя (опционально) и системы управления (рисунок 1).

Источник тока может быть реализован на базе мощного сетевого трансформатора (трансформаторный аппарат), либо на базе инвертора (инверторный аппарат). Главными достоинствами трансформаторных аппаратов являются простота и максимальная надежность, а недостатками — большие габариты, грубое регулирование и низкое качество сварки. Инверторные аппараты, использующие современные полупроводниковые силовые ключи, не имеют этих недостатков.

Основными компонентами мощных инверторов являются IGBT-транзисторы и быстродействующие диоды. Компа-

ния STMicroelectronics выпускает силовые электронные компоненты, идеально подходящие для построения сварочных аппаратов [1]:

- IGBT серии **V** со сверхнизкой энергией выключения, работающие с напряжениями до 600 В на частотах до 120 кГц;
- IGBT серии **HB** с малым напряжением насыщения и низкой энергией выключения, работающие с напряжениями до 650 В на частотах до 50 кГц;
- IGBT серии **H** с низкой энергией выключения, работающие с напряжениями до 1200 В на частотах до 35 кГц;
- IGBT серии **M** с малым напряжением насыщения, работающие с напряжениями до 1200 В на частотах до 20 кГц;
- диоды серии **W** с малым прямым падением напряжения и минимальным временем восстановления.

Требования к IGBT в составе сварочных инверторов

Принцип работы инверторного сварочного аппарата достаточно прост (рисунок 2). Питающее напряжение сети выпрямляется и поступает на вход инвертора. Инвертор преобразует по-

стоянное напряжение в переменное, которое передается в нагрузку через высокочастотный силовой трансформатор. Работу инвертора контролирует система управления (СУ). Увеличивая и уменьшая длительности управляющих импульсов, можно изменять передаваемую в нагрузку мощность. Кроме основных блоков, схема содержит и вспомогательные: корректор коэффициента мощности (ККМ) и выходной выпрямитель.

Основным блоком инверторного сварочного аппарата является непосредственно инвертор, который может быть реализован по любой из известных топологий. Среди наиболее часто используемых схем можно отметить push-pull, мостовую, полумостовую, полумостовую несимметричную (косой полумост).

Несмотря на многообразие топологий, требования к IGBT оказываются примерно одинаковыми:

- **Высокое рабочее напряжение.** Для бытовой сети рейтинг напряжения транзисторов должен быть 600 В и выше.
- **Большие коммутационные токи.** Средние значения достигают десятков ампер, пиковые — сотен ампер.
- **Высокая частота переключений.** Увеличение частоты позволяет снизить габариты трансформатора и индуктивности выходного фильтра.

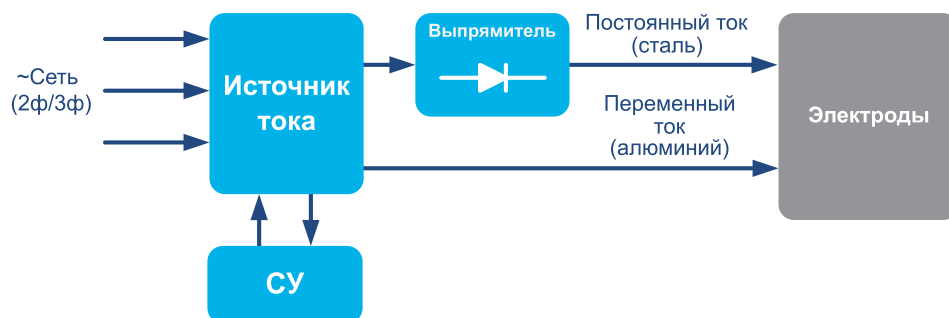


Рис. 1. Упрощенная структурная схема сварочного аппарата

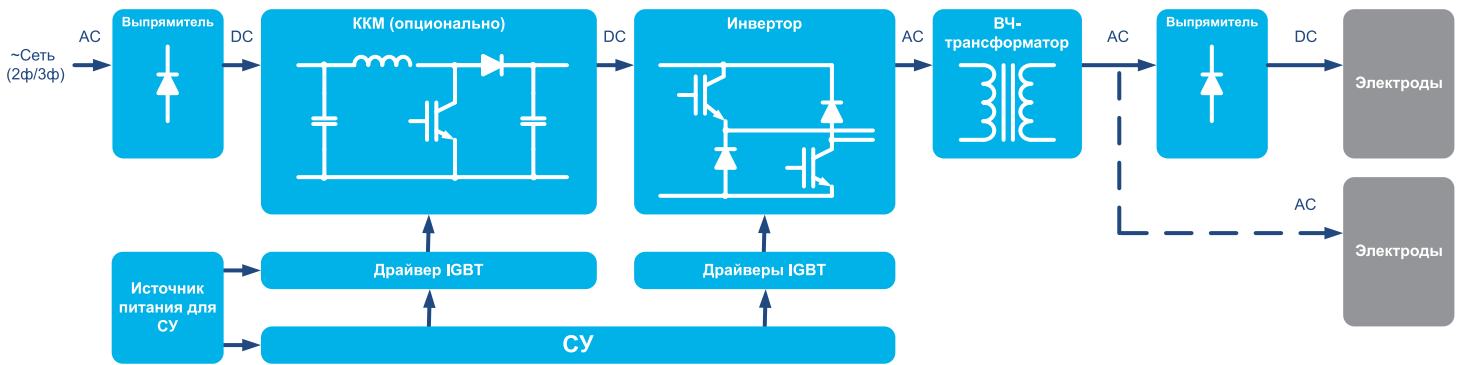


Рис. 2. Структура инверторного сварочного аппарата

• **Малое значение энергии на включение (Евкл) и выключение (Евыкл)** для минимизации потерь на переключения.

• **Низкое значение напряжения насыщения $U_{кэ\text{ нас}}$** для минимизации кондуктивных потерь.

• **Стойкость к жесткому режиму коммутации.** Инвертор работает с индуктивной нагрузкой.

• **Стойкость к короткому замыканию.** Критично для мостовой и полумостовой схем.

К вышесказанному стоит добавить, что, во-первых, при выборе транзисторов для инвертора следует обращать внимание не только на рейтинги токов и напряжений, но и на параметры, определяющие мощность потерь. Во-вторых, требования к низкому напряжению насыщения и высокой рабочей частоте оказываются противоречивыми.

IGBT производства STMicroelectronics сочетают в себе уникальные характеристики: способны коммутировать большую мощность, отличаются высоким быстродействием, при этом — сохраняют низкое значение $U_{кэ\text{ нас}}$. Это стало возможным благодаря использованию новейших технологий.

Мощности потерь и особенности технологии производства IGBT от ST

Основной причиной ограничения мощности инвертора является перегрев

IGBT. Он является следствием потерь мощности, рассеиваемой в виде тепла.

Как известно, суммарные потери мощности в IGBT (P_d) складываются из двух составляющих: потери проводимости ($P_{конд}$, кондуктивные потери) и потери на переключения ($P_{перекл}$) (таблица 1).

Кондуктивные потери определяются значением напряжения насыщения $U_{кэ\text{ нас}}$. По этой причине его стараются максимально снизить.

Потери на переключения объединяют энергию, затрачиваемую на включение (Евкл) и на выключение (Евыкл).

Энергия на включение Евкл в большей степени определяется встроенным антипараллельным диодом. Для оптимизации этого параметра можно использовать внешний диод с лучшими характеристиками (меньшее время восстановления) или оптимизировать режим переключения (переключения при нулевых токах или напряжениях).

Энергия на выключение Евыкл определяется эффективностью рекомбинации неосновных носителей в структуре IGBT. Затягивание процесса рекомбинации приводит к появлению токового хвоста (рисунок 3), [2].

Во время включенного состояния через IGBT протекает ток, и в его слое p- происходит накопление неосновных носителей (дырок из слоя p+). После выключения транзистора число этих на-

копленных носителей сокращается достаточно медленно, главным образом — за счет неэффективной рекомбинации в низколегированном слое n-. В результате образуется токовый «хвост», приводящий к дополнительным потерям мощности.

Один из способов повышения быстродействия заключается в уменьшении степени легирования области p+. Это приводит к уменьшению числа носителей, а значит — и к ускоренному процессу рекомбинации. Однако уменьшение числа носителей, очевидно, приведет и к возрастанию напряжения насыщения.

Таким образом, увеличение быстродействия при сохранении напряжения насыщения возможно только благодаря качественным улучшениям и применению новых технологий. Например, для ускорения процесса рекомбинации между слоями p+ и n- создается слой n+ (рисунок 4а). Быстродействие возрастает, но остается достаточно низким.

Одним из революционных решений, позволивших качественно улучшить характеристики IGBT, стало применение технологии TGFS (*Trench Gate Field Stop*), (рисунок 4б). Суть TGFS состоит в изменении структуры затвора, который выполняется в изолированной канавке. Проводящий канал становится вертикальным, что уменьшает эффективную толщину слоя n-. Это, с одной стороны, приводит к снижению напряжения насыщения, а с другой — к уменьшению числа накапливаемых носителей.

Наиболее современное поколение IGBT производства STMicroelectronics серии V включает все лучшие технологические решения [2]: TGFS, снижение толщины исходной пластины p-, уменьшение толщины диффузных и эпитаксиальных слоев, увеличение глубины внедрения затвора (рисунок 4в). Это позволяет уменьшить энергию, затрачиваемую на выключение, при сохранении значения напряжения насыщения.

STMicroelectronics выпускает несколько серий IGBT с различными характеристиками. Богатый выбор позво-

Таблица 1. Потери мощности в IGBT

Параметр	IGBT
Суммарные потери	$P_d = P_{конд} + P_{перекл}$
Кондуктивные потери	$P_{конд} = U_{кэ\text{ нас}}(g_{rms}) \times I_k \times D$, где D — коэффициент заполнения
Потери на переключение	$P_{перекл} = E_{перекл} \times f$, где f — частота переключений, $E_{перекл} = (E_{вкл} + E_{выкл})$ — суммарные потери на переключения (приводятся в параметрах IGBT)
Максимальная мощность, ограничиваемая перегревом кристалла	$P_d = (T_j - T_c) / R_{th-jc}$, где T_c — температура корпуса, T_j — температура кристалла, R_{th-jc} — тепловое сопротивление «кристалл-корпус» (приводится в параметрах IGBT)

ляет найти оптимальные транзисторы с учетом требований к конкретному сварочному аппарату и используемой топологии.

Обзор серий IGBT от ST

Линейка IGBT производства STMicroelectronics содержит четыре серии, представители которых наиболее подходят для сварочных инверторов. Это серии V, HB, H, M. Все эти транзисторы отвечают перечисленным выше требованиям и имеют отличные характеристики [1, 4]:

- высокие рабочие напряжения — 600...1200 В;
- высокие показатели коммутируемых токов — до 80 А;
- рекордные значения энергии выключения — от 0,2 мДж;
- быстродействие — до 120 кГц;
- доступность версий со встроенным быстродействующим антипараллельным диодом;
- доступность различных корпусных исполнений (ТО-247, D2PAK, ТО-220 и другие);
- стойкость к импульсам короткого замыкания.

Серия M предназначена для коммутации напряжений до 1200 В и токов до 40 А (таблица 2). Отличительной особенностью серии является низкое напряжение насыщения (не более 2,2 В) и малая энергия на переключения (от 1,2 мДж). Это делает данные транзисторы оптимальным выбором для ин-

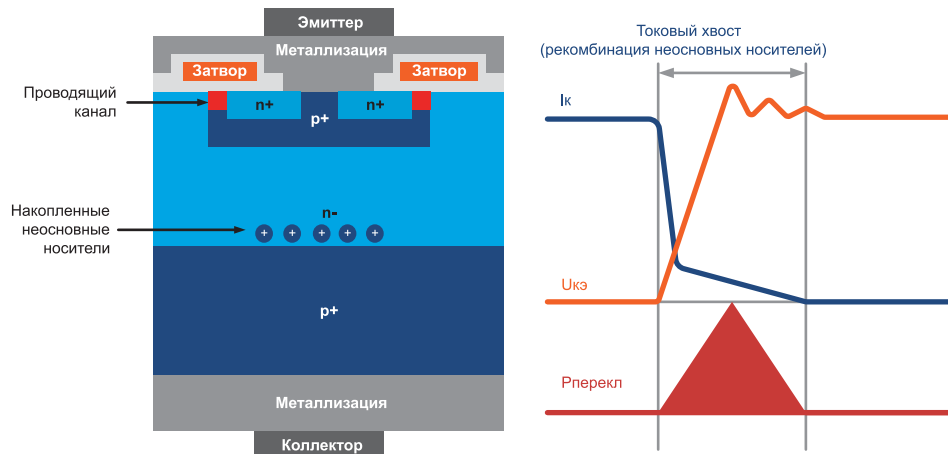


Рис. 3. Потери на выключение для планарного IGBT

верторов, работающих на частотах до 20 кГц.

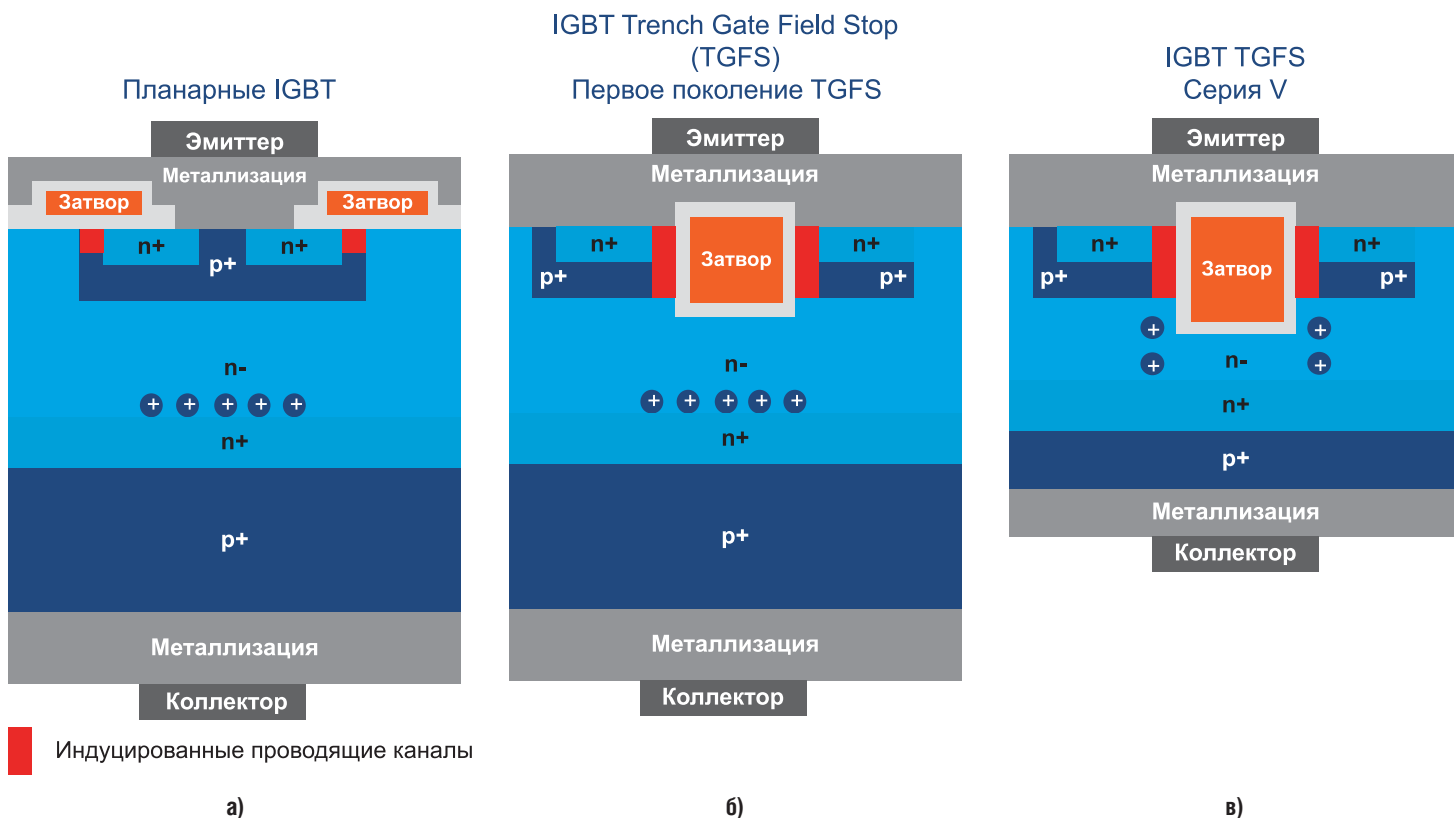
Серия H способна коммутировать напряжения до 1200 В и токи до 40 А (таблица 3). По сравнению с транзисторами серии M, IGBT серии H имеют меньшее значение энергии переключения (от 0,85 мДж) и большее напряжение насыщения (до 2,4 В). По этой причине они подходят для более высокочастотных приложений и способны работать на частотах до 100 кГц.

Серия HB не является основной для построения сварочных инверторов, однако ее характеристики также на высоте (таблица 4). Напряжение насыщения для этих IGBT являются рекордными среди всех семейств и начинаются от

1,65 В. Энергия переключения, во многих случаях не превышает 0,6 мДж. Рабочая частота для представителей семейства достигает 50 кГц.

Серия V, как было сказано выше, является флагманом в номенклатуре STMicroelectronics. Благодаря новейшим технологиям, у данных IGBT практически полностью отсутствует токовый «хвост», и энергия на выключение оказывается минимальной — от 0,2 мДж (таблица 5), при этом напряжение насыщения не превышает 2,15 В. Все это позволяет использовать транзисторы серии V в быстродействующих инверторах с максимальной частотой переключения до 120 кГц.

Для наименования IGBT представленный код, состоящий



Индукцированные проводящие каналы

Рис. 4. Развитие технологий IGBT производства STMicroelectronics

Таблица 2. Характеристики IGBT серии M

Наименование	Корпус	Uкэ макс., В	Iк макс. при Tс = 100°C, А	Uкэ нас. макс., В	Евыкл тип. при Tс = 125°C, мДж	Диод	F макс., кГц	Pd макс., Вт
STGW15M120DF3	TO-247	1200	15	2,2	1,2	есть	20	283
STGW25M120DF3	TO-247	1200	25	2,2	2	есть	20	326
STGW40M120DF3	TO-247	1200	40	2,2	3	есть	20	468
STGWA15M120DF3	TO247LONG LEADS	1200	15	2,2	1,2	есть	20	283
STGWA25M120DF3	TO247LONG LEADS	1200	25	2,2	2	есть	20	326
STGWA40M120DF3	TO247 LONG LEADS	1200	40	2,2	3	есть	20	468

Таблица 3. Характеристики IGBT серии H

Наименование	Корпус	Uкэ макс., В	Iк макс. при Tс = 100°C, А	Uкэ нас. макс., В	Евыкл тип. при Tс = 125°C, мДж	Диод	F макс., кГц	Pd макс., Вт
STGW15H120DF2	TO-247	1200	15	2,4	0,85	есть	50	260
STGW15H120F2	TO-247	1200	15	2,4	0,85	нет	50	260
STGWA15H120DF2	TO247 LONG LEADS	1200	15	2,4	0,85	есть	50	260
STGWA15H120F2	TO247 LONG LEADS	1200	15	2,4	0,85	нет	50	260
STGW25H120DF2	TO-247	1200	25	2,4	1,4	есть	50	375
STGW25H120F2	TO-247	1200	25	2,4	1,4	нет	50	375
STGW40H120DF2	TO-247	1200	40	2,4	2,2	есть	100	468
STGW40H120F2	TO-247	1200	40	2,4	2,2	нет	100	468

Таблица 4. Характеристики IGBT серии HB

Наименование	Корпус	Uкэ макс., В	Iк макс. при Tс = 100°C, А	Uкэ нас. макс., В	Евыкл тип. при Tс = 125°C, мДж	Диод	F макс., кГц	Pd макс., Вт
STGFW20H65FB	TO-3PF	650	20	1,65	0,6	нет	50	58
STGFW30H65FB	TO-3PF	650	30	1,65	0,6	нет	50	58
STGFW40H65FB	TO-3PF	650	40	1,8	0,6	нет	50	58
STGW20H65FB	TO-247	650	20	1,65	0,6	нет	50	260
STGW30H65FB	TO-247	650	30	1,65	0,6	нет	50	260
STGW40H65DFB	TO-247	650	40	1,8	0,6	есть	50	283
STGW40H65FB	TO-247	650	40	1,8	0,6	нет	50	283
STGW60H65DFB	TO-247	650	60	1,75	1	есть	50	375
STGW60H65FB	TO-247	650	60	1,75	1	нет	50	375
STGW80H65DFB	TO-247	650	80	1,6	1,3	есть	50	469
STGW80H65FB	TO-247	650	80	1,8	1,9	нет	50	469
STGWA80H65FB	TO247 LONG LEADS	650	80	1,8	1,9	нет	50	469
STGWT20H65FB	TO-3P	650	20	1,65	0,6	нет	50	260
STGWT30H65FB	TO-3P	650	30	1,65	0,6	нет	50	260
STGWT40H65DFB	TO-3P	650	40	1,8	0,6	есть	50	283
STGWT40H65FB	TO-3P	650	40	1,8	0,6	нет	50	283
STGWT60H65DFB	TO-3P	650	60	1,75	1	есть	50	375
STGWT60H65FB	TO-3P	650	60	1,75	1	нет	50	375
STGWT80H65DFB	TO-3P	650	80	1,6	1,3	есть	50	469
STGWT80H65FB	TO-3P	650	80	1,8	1,9	нет	50	469

Таблица 5. Характеристики IGBT серии V

Наименование	Корпус	Uкэ макс., В	Ik макс. при Tc = 100°C, А	Uкэ нас. макс., В	Евыкл тип. при Tc = 125°C, мДж	Диод	F макс., кГц	Pd макс., Вт
STGB20V60DF	D2PAK	600	20	2,15	0,2	есть	120	167
STGB20V60F	D2PAK	600	20	2,15	0,2	нет	120	167
STGFW20V60DF	TO-3PF	600	20	1,8	0,2	есть	120	52
STGFW20V60F	TO-3PF	600	20	2,15	0,2	нет	120	167
STGP20V60DF	TO-220AB	600	20	2,15	0,2	есть	120	167
STGP20V60F	TO-220AB	600	20	2,15	0,2	нет	120	167
STGW20V60DF	TO-247	600	20	2,15	0,2	есть	120	167
STGW20V60F	TO-247	600	20	2,15	0,2	нет	120	167
STGWT20V60DF	TO-3P	600	20	2,15	0,2	есть	120	167
STGWT20V60F	TO-3P	600	20	2,15	0,2	нет	120	167
STGB30V60DF	D2PAK	600	30	2,15	0,3	есть	120	260
STGB30V60F	D2PAK	600	30	2,15	0,3	нет	120	260
STGFW30V60DF	TO-3PF	600	30	2,15	0,3	есть	120	58
STGFW30V60F	TO-3PF	600	30	2,15	0,3	нет	120	58
STGP30V60DF	TO-220AB	600	30	2,15	0,3	есть	120	260
STGP30V60F	TO-220AB	600	30	2,15	0,3	нет	120	260
STGW30V60DF	TO-247	600	30	2,15	0,3	есть	120	260
STGW30V60F	TO-247	600	30	2,15	0,3	нет	120	260
STGWT30V60DF	TO-3P	600	30	2,15	0,3	есть	120	260
STGWT30V60F	TO-3P	600	30	2,15	0,3	нет	120	260
STGB40V60F	D2PAK	600	40	2,15	0,5	нет	120	283
STGFW40V60DF	TO-3PF	600	40	2,15	0,5	есть	120	62,5
STGFW40V60F	TO-3PF	600	40	2,15	0,45	нет	120	60
STGP40V60F	TO-220AB	600	40	2,15	0,5	нет	120	283
STGW40V60DF	TO-247	600	40	2,15	0,5	есть	120	283
STGW40V60F	TO-247	600	40	2,15	0,5	нет	120	283
STGWT40V60DF	TO-3P	600	40	2,15	0,5	есть	120	283
STGW60V60DF	TO-247	600	60	2,15	0,75	есть	120	375
STGW60V60F	TO-247	600	60	2,15	0,75	нет	120	375
STGWT60V60DF	TO-3P	600	60	2,15	0,75	есть	120	375
STGFW80V60F	TO-3PF	600	80	2,15	1,15	нет	120	79
STGW80V60DF	TO-247	600	80	2,15	1,15	есть	120	469
STGW80V60F	TO-247	600	80	2,15	1,15	нет	120	469
STGWT80V60DF	TO-3P	600	80	2,15	1,15	есть	120	469
STGWT80V60F	TO-3P	600	80	2,15	1,15	нет	120	469

из восьми позиций (таблица 6). Он содержит тип компонента, обозначение корпуса, название семейства, напряжение пробоя, наличие диода и его характеристики. Стоит отметить, что версии транзисторов с диодом с низким падением напряжения (индекс DL) не подходят для работы в составе сварочных инверторов.

Большинство IGBT представленных семейств выпускается в двух вариантах: со встроенным быстродействующим диодом и без него. Характеристики этих диодов достаточно хороши. Однако в случае необходимости требуется применять внешние диоды, например, в схеме асимметричного моста. При этом следует обратить внимание на мощные быстродействующие диоды серии W производства STMicroelectronics.

Обзор мощных диодов серии W от ST

Мощные быстродействующие диоды серии W разработаны специально для работы в составе мощных импульсных преобразователей с жесткими условиями переключений. Для этого их характеристики соответствующим образом оптимизированы (таблица 7):

- для снижения статической мощности прямое падение напряжения уменьшено (от 0,92 В);
- обратное напряжение достигает 600 В;
- средний ток достигает 200 А;
- время восстановления и обратный ток существенно снижены для сокращения энергии на переключение;
- большинство диодов выпускаются в сдвоенном исполнении.

Результаты практического применения IGBT от ST в ММА-инверторах

Для подтверждения преимуществ транзисторов IGBT производства STMicroelectronics были построены и испытаны сварочные инверторы: **ММА160** (входная мощность 3,8 кВт) и **ММА200** (входная мощность 6 кВт) [3].

Условия проведения испытаний были одинаковыми [3]:

- в обоих случаях использовалась асимметричная полумостовая схема инвертора со спаренными параллельными IGBT (рисунки 5 и 6);
- в качестве питания использовалось сетевое напряжение 220 В, 50 Гц;
- температура окружающего воздуха составляла 25°C;

Таблица 6. Именование IGBT производства STMicroelectronics

1	2	3	4	5	6	7	8
STG	W	60	V	60	D	F	3
Тип	Корпус	Максимальный ток при 100°C	Серия	Код напряжения пробоя	Встроенный диод	Технология Trench gate Field Stop	Поколение технологии
IGBT	B – D2PAK		V – Very High Speed до 120 кГц	60 – 600 В	(пусто) – нет		
	F – TO-220FP		H...B – High Speed до 50 кГц	65 – 650 В	D – быстродействующий		
	FW – TO3FP		H – High Speed до 35 кГц	120 – 1200 В	DL – с низким падением		
	P – TO-220		M – Low Loss до 20 кГц				
	W – TO-247						
	WA – TO247 Long Led						
	WT – TO-3P						
	Y – Max247						

Таблица 7. Мощные быстродействующие диоды производства STMicroelectronics

Наименование	Корпус	Диодов в корпусе	Uобр макс., В	Iср макс., А	Упрям макс. при токе, В	твосст. макс., нс	Ткристалла макс., °С
STTH20W02C	TO-247	2	200	10	1,05 (10 А)	25	175
STTH30W02C	TO-247	2	200	15	1,15 (15 А)	27	175
STTH60W02C	TO-247	2	200	60	0,92 (30 А)	30	175
STTH200W03TV1	ISOTOP	2	300	200	1,15 (100 А)	50	150
STTH60W03C	TO-247	2	300	30	1,15 (30 А)	35	175
STTH30W03C	TO-247	2	300	15	1,4 (15 А)	25	175
STTH200W04TV1	ISOTOP	2	400	200	1,55 (100 А)	55	150
STTH61W04S	TO-247	1	400	60	1,15 (30 А)	55	175
STTH100W04C	TO-247	2	400	100	1,2 (50 А)	50	175
STTH200W06TV1	ISOTOP	2	600	200	1,3 (100 А)	75	150
STTH100W06C	TO-247	2	600	100	1,15 (50 А)	75	175
STTH50W06S	TO-247	1	600	50	1,75 (50 А)	45	175

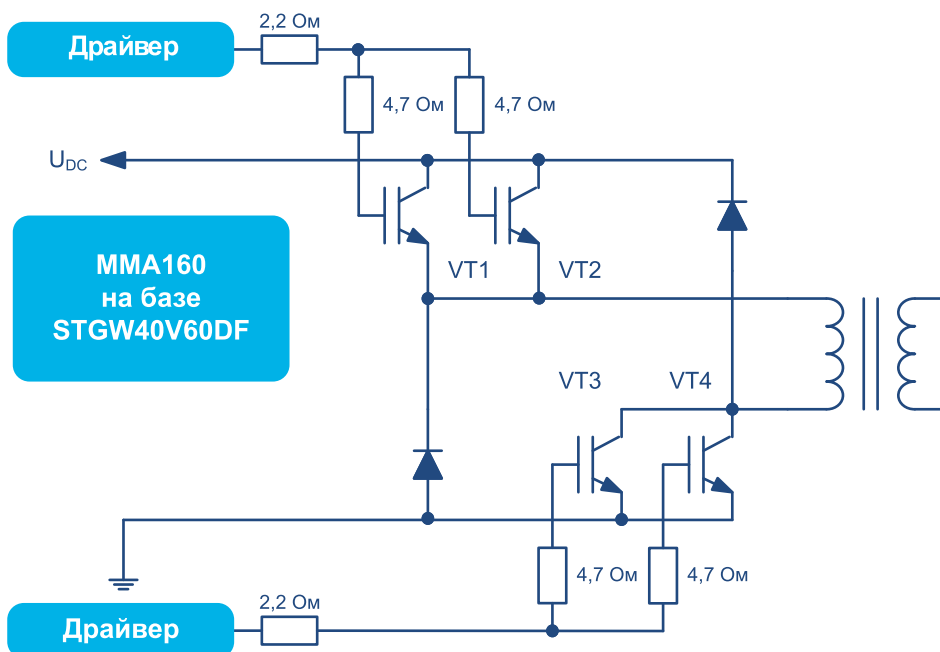


Рис. 5. Схема инвертора MMA160

- в качестве нагрузки применялись керамические резисторы общим сопротивлением 145 мОм с активным охлаждением;
- максимальный коэффициент заполнения не превышал 50% для гарантированного исключения возможности насыщения сердечника выходного ВЧ-трансформатора;
- защитное отключение производилось при достижении транзисторами температуры 105°C.

Инвертор MMA160 был построен на базе транзисторов **STGW40V60DF** (рисунки 5). Частота переключений составляла 63 кГц.

В ходе испытаний производились замеры входной мощности, входного тока и температуры корпуса транзисторов. При увеличении входной мощности от 2 кВт до максимальной мощности в 3,8 кВт происходил разогрев транзисторов и рост энергии на выключение (таблица 8).

Инвертор показал устойчивую работу во всем диапазоне мощностей. Отключение при максимальной мощности про-

Таблица 8. Результаты испытаний инвертора MMA 160

Входная мощность, кВт	Входной ток, А	Коэффициент мощности	Температура, °С	Время	Энергия выключения, мДж
2	15,4	0,58	62	—	311
3	22,2	0,61	83	—	466
-3,8 (макс.)	26,3	0,66	105	10 мин 17 сек	550

Таблица 9. Результаты испытаний инвертора MMA200

Входная мощность, Вт	Выходной ток, А	Выходная мощность, Вт	Температура, °С	Время	Энергия выключения, мДж
~2683	90	~2233	59	—	586
~3864	130	~3172	71	—	787
~4949	165	~3997	87	—	887
~5883	200	~4624	105	8 мин 15 сек	947

изошло только по истечении 10 минут 17 секунд, после срабатывания защиты от перегрева (105°С). Максимальное значение энергии на выключении IGBT при этом увеличивалось с 311 мДж до 550 мДж, что является хорошим результатом и соответствует заявленному в документации значению (таблица 5).

Инвертор MMA200 был построен с использованием спаренных IGBT STGW60H65DFB (рисунок 6). Рабочая частота составила 63 кГц. Для дополнительной защиты транзисторов были применены снабберные RC-цепочки.

В ходе испытаний входная мощность MMA200 увеличивалась с 2,6 кВт до 5,8 кВт. Инвертор продемонстрировал устойчивую работу во всех режимах и выключился после срабатывания температурной защиты спустя 8 минут 15 секунд после выхода на мощность 5,8 кВт. При увеличении входных токов происходил рост температуры транзисторов и увеличение энергии на выключение (таблица 9). Диапазон изменений энергии на выключение составил 586...947 мДж, что соответствует заявленному значению.

Проведенные испытания подтвердили отличные характеристики, заявленные производителем. Таким образом, IGBT производства компании STMicroelectronics идеально подходят для построения инверторов сварочных аппаратов.

Заключение

В номенклатуре компании STMicroelectronics есть четыре серии IGBT, предназначенных для работы в жестких условиях переключения в составе сварочных инверторов. Данные транзисторы отвечают всем необходимым для этого требованиям. Их основными достоинствами являются:

- высокие рабочие напряжения — 600...1200 В;
- высокие показатели коммутируемых токов — до 80 А;
- рекордные значения энергии выключения — от 0,2 мДж;

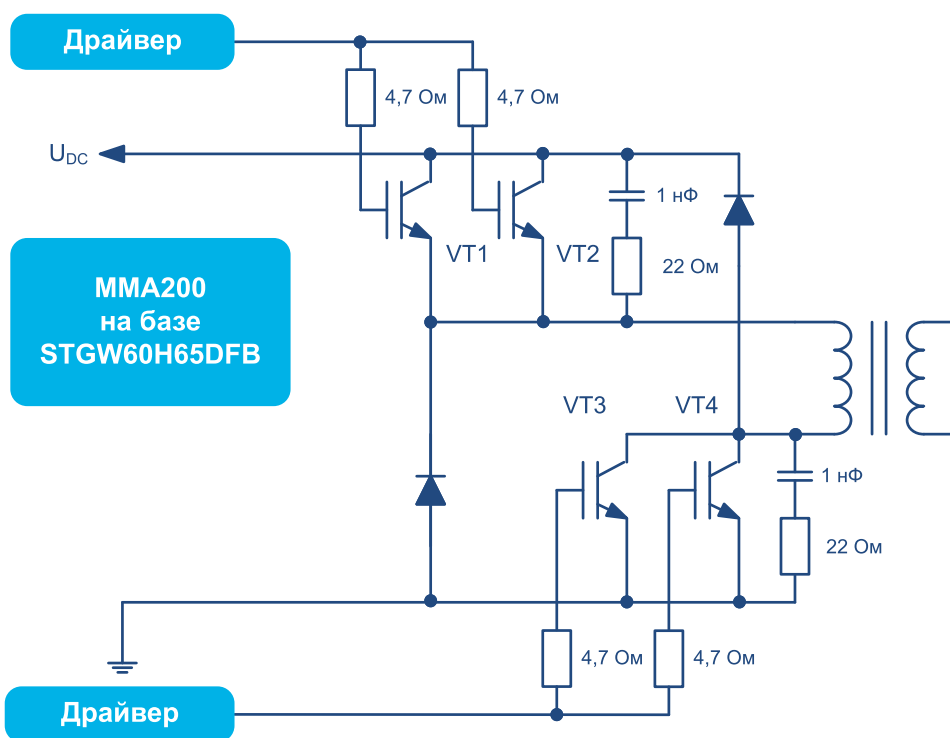


Рис. 6. Схема инвертора MMA200

- быстродействие — до 120 кГц;
- доступность версий со встроенным быстродействующим антипараллельным диодом;
- доступность различных корпусных исполнений (ТО-247, D2ПАК, ТО-220 и другие);
- стойкость к импульсам короткого замыкания.

Кроме IGBT, STMicroelectronics предлагает разработчикам мощные быстродействующие диоды серии W, которые отличаются малым временем восстановления и низким прямым падением напряжения.

Отличные характеристики силовых компонентов производства ST подтверждены практикой. Для этого инженерами компании были созданы и испытаны сварочные инверторы MMA160 и MMA200, построенные на

основе транзисторов STGW40V60DF и STGW60H65DFB.

Литература

1. Products and solutions for Factory automation and control. STMicroelectronics, 2015.
2. Giuseppe Introvaia. TA0350. Technical article. New trench gate field-stop V series: the real tail-less IGBT. Rev. 1. STMicroelectronics, 2013.
3. Anselmo Liberti, Rosario Gulino. AN4638. Application note. Welding machines: V and HB series IGBTs on two-switch forward converters. Rev. 1. STMicroelectronics, 2015.
4. <http://www.st.com/>

Получение технической информации, заказ образцов, поставка — e-mail: power.vesti@compel.ru