

Евгений Звонарев (КОМПЭЛ)

ТРАНЗИСТОРНЫЕ МОДУЛИ TRENCH IGBT КОМПАНИИ INTERNATIONAL RECTIFIER ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРИМЕНЕНИЙ



Универсальные **Trench IGBT** компании **International Rectifier** позволяют заменить широкую номенклатуру транзисторов разных частотных диапазонов, которые оптимизированы только для узкоспециализированных приложений. **Trench IGBT** могут эффективно работать в широком диапазоне рабочих частот ШИМ. Они предназначены для применения в импульсных источниках питания до нескольких кВт, электроприводе, в бытовой технике (компрессоры, индукционный нагрев) и других преобразователях электрической энергии.

Trench IGBT шестого поколения (на 600 В) и седьмого поколения (на 1200 В) компании International Rectifier – это более высокие технические характеристики в сочетании с привлекательными ценами. Основные преимущества этих IGBT достигнуты благодаря технологии Trench (вертикальный затвор), что позволяет на 40% уменьшить площадь кристалла по сравнению с предыдущими поколениями. Это, в свою очередь, позволило существенно сократить путь протекания тока и снизить потери на проводимость. В большей степени преимущества проявляются для более высоких значений тока, то есть для наиболее мощных транзисторов, что показано на рисунке 1.

Однако основной выигрыш технология Trench IGBT дает при работе транзистора на высоких частотах. На рисунке 2 приведены зависимости выходного

тока от частоты переключения для разных технологий IGBT International Rectifier на номинальное напряжение 600 В.

Из рисунка 2 хорошо видно, что транзисторы шестого поколения (Gen 6 Trench) имеют неоспоримое преимущество во всем диапазоне рабочих частот

Транзисторы IGBT шестого поколения (Gen 6 Trench) от **International Rectifier** имеют неоспоримое преимущество во всем диапазоне рабочих частот по сравнению с технологиями предыдущих поколений, поэтому IGBT шестого поколения часто называют Ultrafast Trench (ультрабыстрые Trench IGBT).

по сравнению с технологиями предыдущих поколений, поэтому IGBT шестого поколения часто называют Ultrafast Trench (ультрабыстрые Trench IGBT).

Только на частотах ниже 600 Гц стандартные IGBT (Gen 4 S Speed) допускают больший уровень выходного тока. Однако большинство современных преобразователей электрической энергии работают на частотах гораздо выше 600 Гц.

Основные отличия в параметрах IGBT разных поколений обусловлены размерами и структурой кристаллов. Четвертое поколение (Gen 4) выполнено по технологии PT (Punch Through IGBT) с толщиной кристалла более 300

мкм с планарным затвором (структура показана на рисунке 3). Пятое поколение (Gen 5) имеет примерно в 3,5 раза меньшую толщину кристалла (87 мкм)

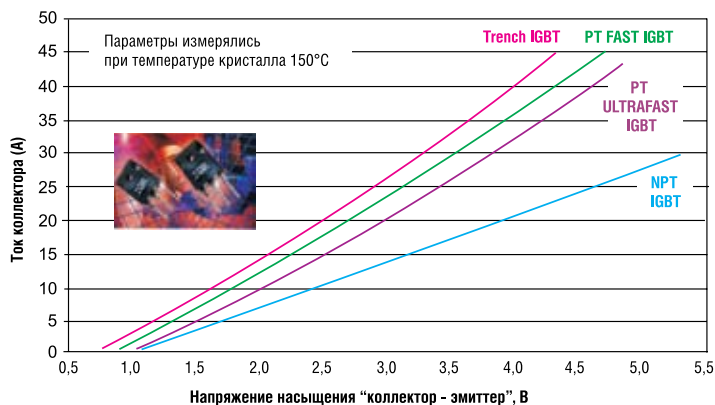


Рис. 1. Зависимости напряжения насыщения от тока коллектора для разных технологий IGBT International Rectifier

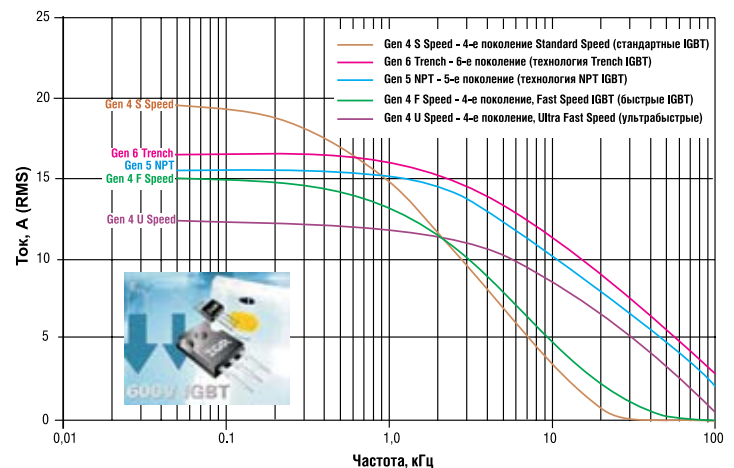


Рис. 2. Частотные характеристики IGBT на 600 В для разных поколений

Таблица 1. Основные параметры Trench IGBT 6-го поколения International Rectifier на 600 В

| Наименование | Vкэ, В, (макс.) | Iмакс. А, (25°С) | Iмакс. А, (100°С) | Vкэ.нас., В, (тип.) | Ets*, (мкДж) | | tsc**, мкс, (175°С) | Rjc***, (°С/Вт) | Корпус | | | | |
|--------------|-----------------|------------------|-------------------|---------------------|--------------|-------|---------------------|-----------------|----------|---|-----|----------|----------|
| | | | | | тип. | макс. | | | | | | | |
| IRGB4059DPBF | 600 | 8 | 4 | 1,75 | 110 | 196 | 5 | 2,7 | TO-220AB | | | | |
| IRGB4045DPBF | | 12 | 6 | 1,7 | 178 | 229 | | | | | | | |
| IRGB4060DPBF | | 16 | 8 | 1,55 | 215 | 310 | | | | | | | |
| IRGB4064DPBF | | 20 | 10 | 1,6 | 229 | 339 | | | | | | | |
| IRGB4056DPBF | | 24 | 12 | 1,55 | 300 | 391 | | | | | | | |
| IRGB4061DPBF | | 36 | 18 | 1,65 | 445 | 545 | | | | | | | |
| IRGB4062DPBF | | 48 | 24 | 1,65 | 1260 | — | | | | — | 0,6 | TO-220AB | |
| IRGP4062DPBF | | | | | | | | | | | | | TO-247AC |
| IRGP4063DPBF | | | | | | | | | | | | | |

*Ets – Total Switching Loss – суммарная энергия потерь на переключение (см. условия измерения в документации).

**tsc – допустимое время перегрузки по току при коротком замыкании.

***Rjc – тепловое сопротивление «переход – корпус».

Таблица 2. Основные параметры Trench IGBT 7-го поколения International Rectifier на 1200 В

| Наименование | Vкэ, В, (макс.) | Iмакс. А, (25°С) | Iмакс. А, (100°С) | Vкэ, насыщ. В, (тип.) | Ets**, (мкДж) | | tsc***, мкс, (175°С) | Rjc****, (°С/Вт), (IGBT/диод) | Встроенный диод | Корпус |
|-----------------|-----------------|------------------|-------------------|-----------------------|---------------|-------|----------------------|-------------------------------|-----------------|-----------|
| | | | | | тип. | макс. | | | | |
| IRG7PH30K10DPBF | 1200 | 30 | 16 | 2,05 | 910 | 1360 | 10 | 0,7/1,44 | есть | TO-247AC |
| IRG7PH30K10PBF | | 33 | 23 | 2,05 | | | 10 | 0,7 | — | TO-247AC |
| IRG7PH42UDPBF | | 85* | 45 | 1,7 | 3287 | 3798 | — | 0,39/0,56 | есть | TO-247AC |
| IRG7PH42UPBF | | 90* | 60 | 1,7 | | | — | 0,39 | — | TO-247AC |
| IRG7PSH73K10PBF | | 220* | 130 | 2,0 | 12300 | 14300 | 10 | 0,13 | — | Super-247 |

*Ограничено кристаллом (ограничение тока выводами корпуса см. в документации производителя).

**Ets – Total Switching Loss – суммарная энергия потерь на переключение (см. условия измерения в документации).

***tsc – допустимое время перегрузки по току.

****Rjc – тепловое сопротивление «переход – корпус».

и технологию NPT (Non Punch Through IGBT). Благодаря улучшению технологии и уменьшению размеров кристалла удалось снизить динамические потери и обеспечить более высокие тепловые характеристики. Транзисторы шестого поколения (Gen 6) производятся по технологии DS (Depletion Stop) Trench IGBT. Кристалл этих транзисторов имеет вертикальный затвор с еще меньшей толщиной кристалла (70 мкм) и блокирующий носители слой (depletion stop). Благодаря более низким потерям на переключение Trench IGBT могут работать на более высоких частотах по сравнению с транзисторами предыдущих поколений (до 30 кГц). Кроме того, Trench IGBT характеризуются прямоугольной областью безопасной работы (ОБР) и низким уровнем излучаемых электромагнитных помех.

Более корректно оценивать преимущества каждой технологии IGBT по суммарным потерям (статическим – потерям на проводимость и динамическим – потерям на переключение). Наглядное сравнение суммарных потерь близких по параметрам IGBT для частот переключения 20 кГц и 60 Гц дают диаграммы, показанные на рисунке 4.

Суммарные потери Trench IGBT IRGP4063D на частоте 20 кГц составляют около 7 Вт. При этом потери на переключение составляют 3 Вт, что меньше потерь на проводимость (4 Вт). Обратите внимание, что для других тех-

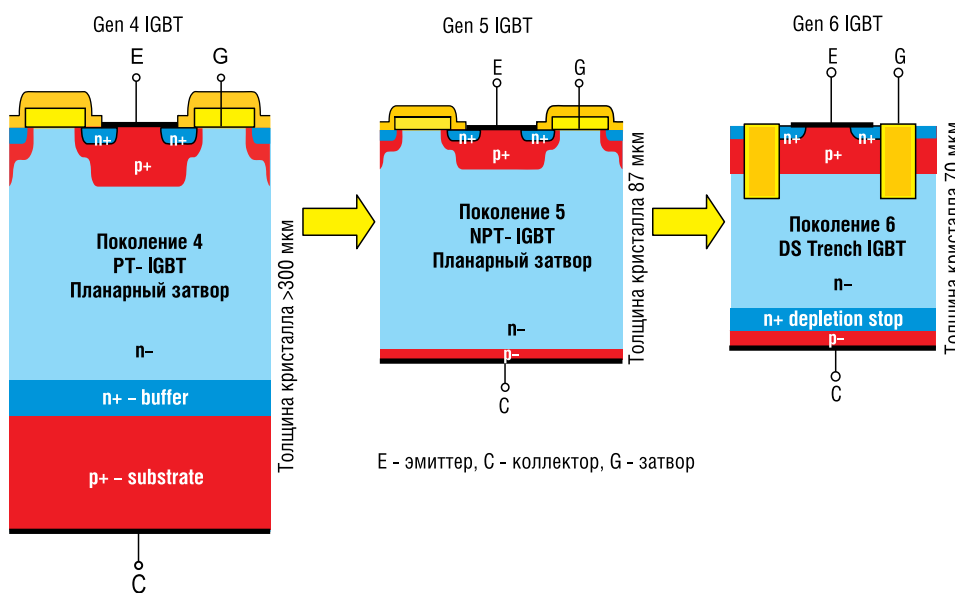


Рис. 3. Развитие технологий IGBT International Rectifier

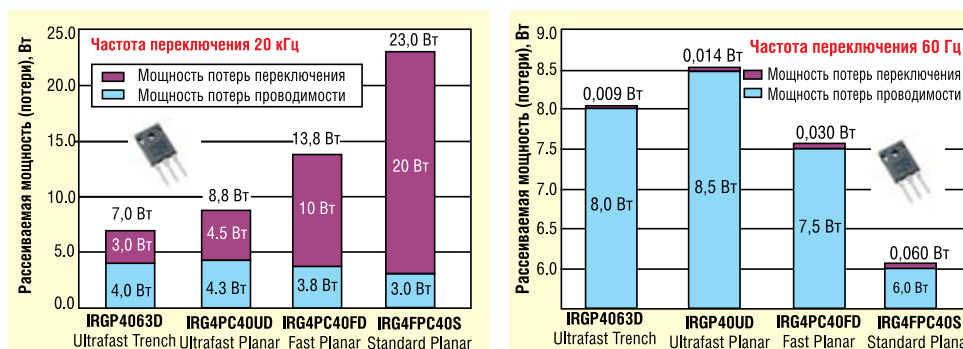


Рис. 4. Сравнение суммарных потерь IGBT на частотах переключения 20 кГц и 60 Гц

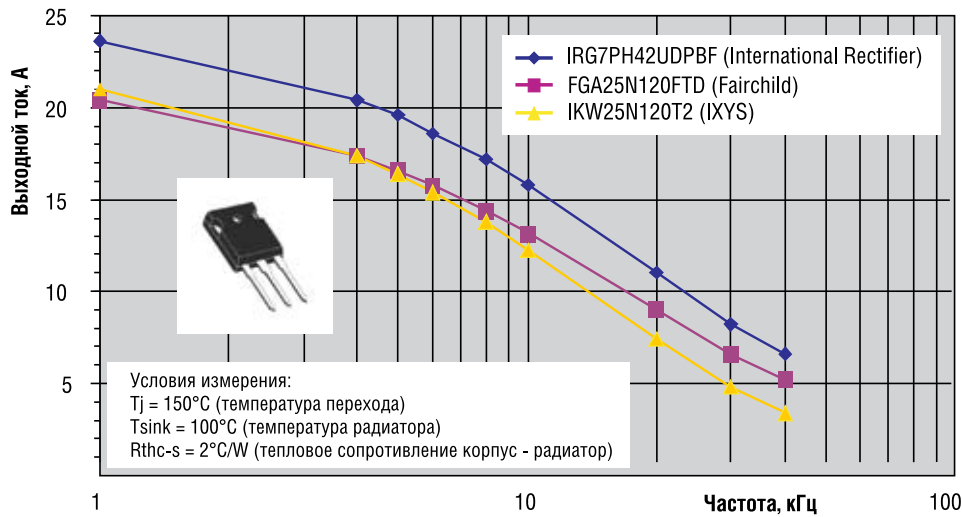


Рис. 5. Зависимости выходного тока от частоты для ультрабыстрых IGBT разных производителей

нологий IGBT на частоте переключения 20 кГц динамические потери превышают статические. Интересная картина наблюдается для низкой частоты переключения 60 Гц. В этом случае бесспорный лидер — IGBT, произведенный по стандартной планарной технологии (см. также низкочастотную часть графиков на рисунке 2). Это объясняется тем, что на низких частотах преобладают потери проводимости, а потери на переключении совсем незначительны. На правом рисунке показаны только верхние части

диаграммы (за нулевой уровень принята мощность потерь 5,5 Вт). Такой масштаб выбран для того, чтобы динамические потери были лучше различимы на рисунке.

Основные параметры Trench IGBT International Rectifier с напряжениями на 600 и 1200 В сведены в таблицы 1 и 2.

При изучении свойств транзисторов из таблиц 1 и 2 нужно учитывать режимы, при которых измерялись соответствующие параметры. Типовые значе-

ния напряжения насыщения в таблицах указаны для максимального тока транзисторов. В реальных схемах IGBT работают с запасом по току, поэтому напряжение насыщения будет меньше.

Все рассмотренные в статье Trench IGBT на 600 В имеют встроенные обратные диоды. Некоторые Trench IGBT на 1200 В не имеют встроенных диодов. В этом случае у разработчика есть возможность выбора внешнего диода с лучшими характеристиками, чем у встроенного диода в одном корпусе с транзистором.

На рисунке 5 показано сравнение частотных свойств транзистора IRG7PH42UDPBF с близкими по параметрам IGBT от фирм Fairchild и IXYS.

Рисунок 5 иллюстрирует преимущества Trench IGBT **IRG7PH42UDPBF** компании International Rectifier во всем диапазоне частот преобразования вплоть до 40 кГц. На частоте 20 кГц выигрыш по току составляет около 2 А по сравнению с **FGA25N120FTD** компании Fairchild и около 4 А по сравнению с **IKW25N120T2** компании IXYS.

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

International
IR Rectifier

Транзисторные модули Trench IGBT
 шестого поколения



- Толщина кристалла не более 70 мкм
- Рабочая частота до 30 кГц
- Низкий уровень электромагнитных помех
- Максимальное напряжение «коллектор-эмиттер» 600 В

600V IGBT

Москва
 Тел.: (495) 995-0901
 Факс: (495) 995-0902

Санкт-Петербург
 Тел.: (812) 327-9404
 Факс: (812) 327-9403

Компэл
www.compel.ru