

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|---|----|
| 1. ТРАНЗИСТОРЫ С ТЕХНОЛОГИЕЙ NPT IGBT | 4 |
| 2. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ КЛЮЧИ..... | 11 |
| 3. НИЖНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ КЛЮЧИ..... | 12 |
| 3.1. Ключи семейства TEMPFET® | 12 |
| 3.2. Ключи семейства HITFET® | 14 |
| 3.3. Многоканальные нижние ключи..... | 16 |
| 3.3.1. Четырехканальный ключ TLE6220 | 17 |
| 3.3.2. Четырехканальный ключ TLE6225 | 18 |
| 3.3.3. Четырехканальный ключ TLE6228 | 19 |
| 3.3.4. Восьмиканальный ключ TLE6230 | 20 |
| 3.3.5. Шестиканальный ключ TLE6232 | 21 |
| 3.3.6. Восьмиканальный ключ TLE6236 | 22 |
| 3.3.7. Шестнадцатиканальный ключ TLE6240 | 23 |
| 3.3.8. Шестиканальный ключ TLE4226 | 24 |
| 3.3.9. Четырехканальная схема управления мощными <i>p-n-p-</i> или <i>p-</i> -канальными транзисторами FZL4146 | 25 |
| 4. ВЕРХНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ КЛЮЧИ СЕМЕЙСТВА PROFET® | 26 |
| 4.1. Введение | 26 |
| 4.2. Одноканальные ключи семейства PROFET® | 30 |
| 4.2.1. Ключи BTS307/308/410/412 | 30 |
| 4.2.2. Ключи BTS428L2/436L2/441T | 31 |
| 4.2.3. Ключ BTS640S2 | 32 |
| 4.2.4. Ключ BTS660 | 32 |
| 4.2.5. Ключи BTS430/432/442 | 33 |
| 4.2.6. Ключи BTS443/550/555/650/6510 | 34 |
| 4.2.7. Ключи BTS742/752/762/772 семейства mini-PROFET® | 34 |
| 4.2.8. Ключ BTS4140N семейства mini-PROFET® | 35 |
| 4.2.9. Ключи BTS4141/42 семейства mini-PROFET® | 35 |
| 4.2.10. Ключи BTS452/462 семейства mini-PROFET® | 36 |
| 4.3. Двухканальные ключи семейства PROFET® | 36 |
| 4.3.1. Ключи BTS5210/15 | 36 |
| 4.3.2. Ключи BTS611/612/620/621 | 37 |
| 4.3.3. Ключ BTS707 | 38 |
| 4.3.4. Ключ BTS723 | 38 |
| 4.3.5. Ключи BTS725/733/734 | 39 |
| 4.3.6. Ключи BTS728/736 | 40 |
| 4.3.7. Ключи BTS740/840 | 40 |
| 4.4. Четырехканальные ключи семейства PROFET® | 41 |
| 4.4.1. Ключи BTS711/712/721 | 41 |
| 4.4.2. Ключи BTS716/724/824 | 42 |
| 4.4.3. Ключ BTS737 | 43 |
| 4.5. Восьмиканальные ключи семейства PROFET® | 44 |
| 4.5.1. Ключи BTS4880/81 | 44 |
| 5. МОСТОВЫЕ СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА | 45 |
| 5.1. Введение | 45 |
| 5.2. Схемы семейства TRILITHIC® управления реверсивными DC-электродвигателями | 45 |
| 5.2.1. Схемы BTS770/771 | 46 |
| 5.2.2. Схемы BTS7700/7710 | 47 |
| 5.2.3. Схемы BTS7740/7750 | 48 |
| 5.2.4. Схемы BTS780/781 | 49 |
| 5.3. Схемы управления электродвигателями привода дроссельных заслонок | 50 |
| 5.3.1. Схемы TLE5205/6-2 | 51 |
| 5.3.2. Схема TLE6209 | 52 |
| 5.4. Схемы управления электродвигателями с сервоприводом | 53 |
| 5.4.1. Схема TLE4205 | 54 |
| 5.4.2. Схема TLE4206 | 55 |
| 5.4.3. Схема TLE4209 | 56 |
| 5.5. Многофазные полумостовые схемы управления | 57 |
| 5.5.1. Двух- и четырехканальные схемы TLE4207/8 | 57 |
| 5.5.2. Трех- и шестиканальные схемы TLE6208-3/6 | 59 |
| 5.6. Схемы управления шаговыми двигателями | 60 |
| 5.6.1. Схемы TCA3727 и TLE4726 | 60 |
| 5.6.2. Схема TLE4727 | 62 |
| 5.6.3. Схемы TLE4728/9 | 63 |

1. ТРАНЗИСТОРЫ С ТЕХНОЛОГИЕЙ NPT IGBT

IGBT (биполярные транзисторы с изолированным затвором — БТИЗ) представляют собой быстроразвивающийся класс силовых ключевых полупроводниковых приборов и объединяют в себе ряд достоинств биполярных и МОП-транзисторов. Среди этих достоинств — высокое сопротивление цепи управления (как у МОП-транзисторов) и низкое падение напряжения на переходе коллектор—эмиттер в состоянии насыщения (как у биполярных транзисторов). Особенно ярко достоинства IGBT проявляются в области коммутации высоких напряжений. По сравнению с МОП-транзисторами при одинаковом максимально допустимом напряжении порядка 1000 В и равной площади кристалла эквивалентное сопротивление в режиме замкнутого ключа (а следовательно, и статические потери) у IGBT во много раз меньше (см. **Рис. 1.1**).

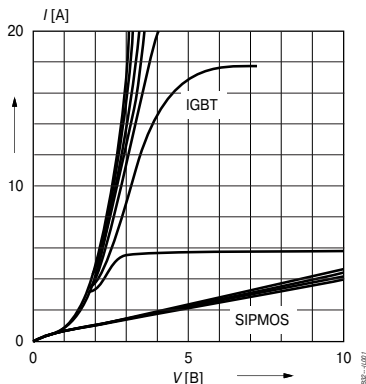


Рис. 1.1. Начальные участки выходных характеристик МОП-транзисторов и IGBT с одинаковой площадью кристалла

Наряду с этими достоинствами IGBT имеют и существенный недостаток — ограниченное быстродействие — из-за продолжительного времени рассасывания неосновных носителей в базе эквивалентного *p-n-p*-транзистора при выключении. В биполярных транзисторах ускорение рассасывания неосновных носителей достигается как технологическими мероприятиями, так и схемотехническими приемами: подачей на переход эмиттер—база запирающего тока с полярностью, противоположной отпирающему току этого перехода. Увеличение запирающего тока в биполярных транзисторах позволяет в широком диапазоне его значений практически линейно уменьшать время рассасывания неосновных носителей и тем самым уменьшать время выключения и связанные с ним динамические потери. Отсутствие вывода базы у IGBT не позволяет использовать этот прием, поэтому остается только технологический путь. Для уменьшения времени рассасывания неосновных носителей в традиционных IGBT используются легирование *n*-области ионами тяжелых металлов (например, платиной) или радиационная обработка. Сама *n*-область при этом формируется методом эпитаксии на *p*-подложке, образующей область коллектора *p-n-p*-транзистора.

Фирмой «Infineon» разработана новая технология производства IGBT, основанная на использовании в качестве исходного материала кремния *n*-типа, обладающего малым временем жизни неосновных носителей. Эта технология получила наименование NPT* (аббревиатура Non Punch Through). Она обеспечивает изготовление IGBT с существенно более высоким быстродействием, чем традиционная технология.

* Транзисторы фирмы «Infineon», выполненные по NPT IGBT технологии, называют также S-IGBT или быстрыми IGBT (Fast IGBT).

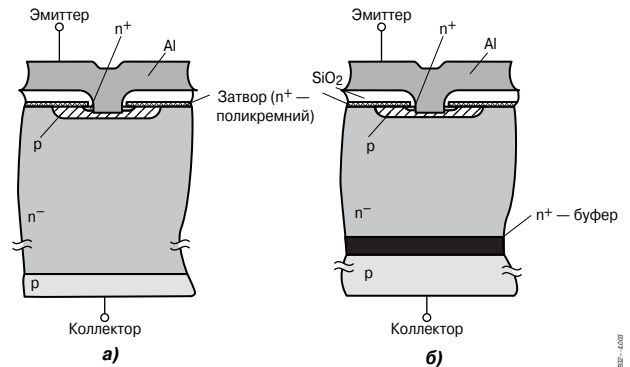


Рис. 1.2. Разрезы структур IGBT, изготовленных по NPT-технологии (а) и по традиционной технологии (б)

Важно отметить, что у NPT IGBT не только время выключения меньше, чем у IGBT, изготовленных по традиционной технологии, но и рост его (времени) при увеличении температуры выражен значительно слабее (см. **Рис. 1.3** и **1.4**).

Применение технологии NPT позволяет увеличить рабочую частоту IGBT с 10 до 30 кГц, что обеспечивает существенное уменьшение массо-габаритных показателей устройств с IGBT. В перспективе фирмой «Infineon» планируется довести рабочую частоту IGBT с максимальным напряжением коллектор—эмиттер 600 В до 40...100 кГц.

Еще одним важным отличием NPT IGBT от их предшественников является положительный температурный коэффициент напряжения коллектор—эмиттер в режиме замкнутого ключа. Это, в свою очередь, позволяет использовать параллельное включение NPT IGBT для увеличения коммутируемых токов без риска снижения надежности схемы из-за их перегрузки или применения дополнительных выравняющих токораспределительных элементов (резисторов в цепях эмиттеров). Кроме того, при этом нет нужды в обеспечении хорошей тепловой связи между транзисторами. (Впрочем, для обеспечения равного разделения динамических потерь даже при использовании NPT IGBT необходимо обеспечивать электрическую симметрию рисунка печатной платы, обеспечивающую идентичность индуктивностей в цепях эмиттеров и затворов отдельных транзисторов, соединяемых параллельно.)

В отличие от традиционных IGBT, области применения которых ограничивались в основном схемами управления электродвигателями, NPT IGBT могут быть использованы в разнообразных схемах: в импульсных источниках питания (включая источники бесперебойного электроснабжения), в устройствах для индукционного нагрева, в современном электросварочном оборудовании и другом силовом оборудовании.

В производственную программу фирмы «Infineon» входят дискретные NPT IGBT с максимально допустимым напряжением коллектор—эмиттер 600 и 1200 В, а также приборы семейства DuoPack®, содержащие в одном корпусе NPT IGBT с максимально допустимым напряжением коллектор—эмиттер 600 или 1200 В и быстродействующий диод серии EmCon®, включенный параллельно транзистору в обратном направлении. Эти приборы принадлежат к серии Fast. Кроме того, фирмой «Infineon» выпускаются приборы серии High Speed с максимально допустимым напряжением коллектор—эмиттер 600 В. В нее входят как дискретные приборы, так и сборки DuoPack® с диодом EmCon®.

В качестве меры быстродействия IGBT принято использовать энергию потерь при запираии E_{OFF} . У транзисторов серии High Speed эта энергия примерно в два раза меньше, чем у транзисторов серии Fast.

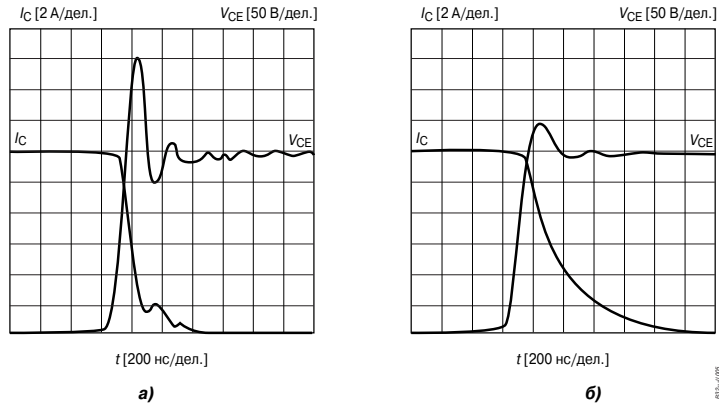


Рис. 1.3. Осциллограммы процесса запираания традиционных IGBT при температуре $+25^\circ\text{C}$ (а) и $+125^\circ\text{C}$ (б)

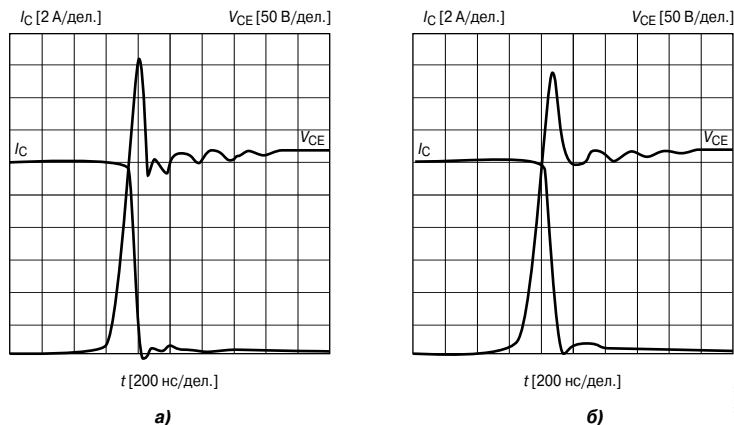


Рис. 1.4. Осциллограммы процесса запираания NPT IGBT при температуре $+25^\circ\text{C}$ (а) и $+125^\circ\text{C}$ (б)

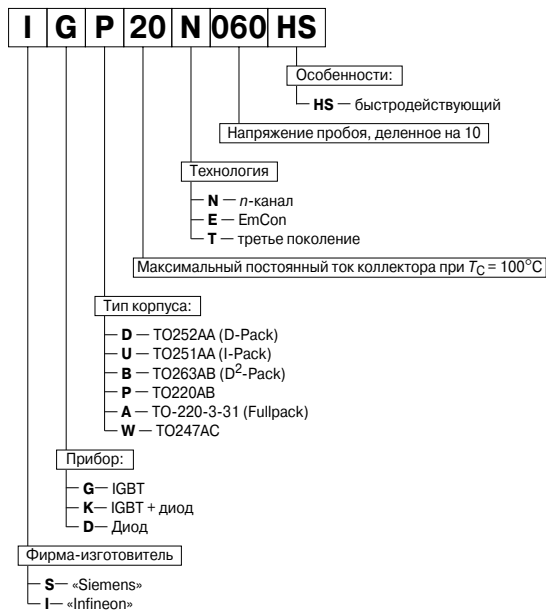


Рис. 1.5. Система обозначения IGBT фирмы «Infineon»

1. ТРАНЗИСТОРЫ С ТЕХНОЛОГИЕЙ NPT IGBT

Таблица 1.1. Основные параметры дискретных NPT IGBT производства фирмы «Infineon»

V_{CE} Максимальное напряжение коллектор—эмиттер
 $V_{CE(sat)}$ Максимальное напряжение насыщения коллектор—эмиттер
 I_C Максимальный ток коллектора
 E_{OFF} Энергия потерь при запирании
 T_C Температура корпуса

| V_{CE} | $I_C @ T_C = 100^\circ C$ | $I_C @ T_C = 25^\circ C$ | $V_{CE(sat)}$ @ $T_C = 25^\circ C$ | E_{OFF} @ $T_C = 25^\circ C$ | Прибор | | | | | | |
|----------------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|-------------------|---------------------------------|
| | | | | | [B] | [A] | [A] | [A] | [мДж] | TO-252 (D-PAK) | TO-263 (D ² -PAK) |
| Серия High Speed | | | | | | | | | | | |
| 600 | 20 | 40 | 3.5 | 0.24 | | | | SGP20N60HS | SGW20N60HS | | |
| 600 | 30 | 41 | 3.5 | 0.48 | | | | SGP30N60HS | SGW30N60HS | | |
| Серия High Speed DuoPack™ | | | | | | | | | | | |
| 600 | 20 | 40 | 3.5 | 0.24 | | | | | SKW20N60HS | | |
| 600 | 30 | 41 | 3.5 | 0.48 | | | | | SKW30N60HS | | |
| Серия Fast | | | | | | | | | | | |
| 600 | 2 | 6 | 2.2 | 0.04 | SGD02N60 | SGB02N60 | SGP02N60 | | | | |
| 600 | 4 | 9 | 2.3 | 0.11 | SGD04N60 | SGB04N60 | SGP04N60 | | | SGU04N60 | |
| 600 | 6 | 12 | 2.3 | 0.15 | SGD06N60 | SGB06N60 | SGP06N60 | | | SGU06N60 | |
| 600 | 10 | 21 | 2.2 | 0.28 | | SGB10N60 | SGP10N60 | SGW10N60 | | | |
| 600 | 15 | 31 | 2.3 | 0.41 | | SGB15N60 | SGP15N60 | SGW15N60 | | | |
| 600 | 20 | 40 | 2.4 | 0.49 | | SGB20N60 | SGP20N60 | SGW20N60 | | | |
| 600 | 30 | 41 | 2.5 | 0.92 | | SGB30N60 | SGP30N60 | SGW30N60 | | | |
| Серия Fast DuoPack™ | | | | | | | | | | | |
| 600 | 2 | 6 | 2.2 | 0.04 | | SKB02N60 | SKP02N60 | | | | |
| 600 | 4 | 9 | 2.3 | 0.11 | | SKB04N60 | SKP04N60 | | | | |
| 600 | 6 | 12 | 2.3 | 0.15 | | SKB06N60 | SKP06N60 | | | | SKA06N60 |
| 600 | 10 | 21 | 2.2 | 0.28 | | SKB10N60 | SKP10N60 | SKW10N60 | | | |
| 600 | 15 | 31 | 2.3 | 0.41 | | SKB15N60 | SKP15N60 | SKW15N60 | | | |
| 600 | 20 | 40 | 2.4 | 0.49 | | | | SKW20N60 | | | |
| 600 | 30 | 41 | 2.5 | 0.92 | | | | SKW30N60 | | | |
| Серия Fast | | | | | | | | | | | |
| 1200 | 2 | 7 | 3.7 | 0.11 | SGD02N120 | SGB02N120 | SGP02N120 | | | | |
| 1200 | 7 | 18 | 3.7 | 0.7 | | SGB07N120 | SGP07N120 | | | | |
| 1200 | 15 | 33 | 3.7 | 1.5 | | SGB15N120 | SGP15N120 | | | | |
| 1200 | 25 | 50 | 3.7 | 2.9 | | | | SGW25N120 | | | |
| Серия Fast DuoPack™ | | | | | | | | | | | |
| 1200 | 2 | 7 | 3.7 | 0.11 | | SKB02N120 | SKP02N120 | | | | |
| 1200 | 7 | 18 | 3.7 | 0.7 | | | | SKW07N120 | | | |
| 1200 | 15 | 33 | 3.7 | 1.5 | | | | SKW15N120 | | | |
| 1200 | 25 | 50 | 3.7 | 2.9 | | | | SKW25N120 | | | |

Кроме NPT IGBT фирма «Infineon» продолжает производство традиционных IGBT серии BUP с максимально допустимым напряжением коллектор—эмиттер 600 и 1200 В как с защитным диодом (DuoPack®), так и без него.

В Табл. 1.2 приведены основные параметры некоторых типов IGBT различных изготовителей и их ближайшие аналоги фирмы «Infineon».

Таблица 1.2. Основные параметры IGBT различных изготовителей и их ближайшие аналоги фирмы «Infineon»

V_{CE} Максимальное напряжение коллектор—эмиттер
 $V_{CE(sat)}$ Максимальное напряжение насыщения коллектор—эмиттер

I_C Максимальный ток коллектора
 T_C Температура окружающей среды

| Производитель | Прибор | V_{CE} [В] | $V_{CE(sat)}$ [В] @ 25°C, I_C | I_C [А] @ T_C [°C] | Особенности | Корпус | Ближайший аналог «Infineon» |
|-------------------------|----------------|--------------|---------------------------------|------------------------|---------------------|--------------|-----------------------------|
| Fairchild ¹⁾ | SGR2N60UFD | 600 | 2.0 | 1.2 @ 100 | + диод | D-PAK | SKB02N60 |
| Fairchild ¹⁾ | SGP10N60RUF | 600 | 2.2 | 10 @ 100 | | TO-220 | SGP10N60 |
| Fairchild ¹⁾ | SGP10N60RUF | 600 | 2.2 | 10 @ 100 | + диод | TO-220 | SKP10N60 |
| Fairchild ¹⁾ | SGH10N60RUF | 600 | 2.2 | 10 @ 100 | + диод | TO-3P | SKP10N60 |
| Fairchild ¹⁾ | SGW10N60RUF | 600 | 2.2 | 10 @ 100 | + диод | TO-220SMD | SKB10N60 |
| Fairchild ¹⁾ | SGL10N60RUF | 600 | 2.0 | 10 @ 100 | + диод | TO-264 | SKW10N60 |
| Fairchild ¹⁾ | SGP23N60UF | 600 | 2.0 | 12 @ 100 | | TO-220 | SGP15N60 |
| Fairchild ¹⁾ | SGW23N60UFD | 600 | 2.0 | 12 @ 100 | + диод | TO-220 | SKP15N60 |
| Fairchild ¹⁾ | SGH23N60UFD | 600 | 2.0 | 12 @ 100 | + диод | TO-3P | SKP15N60 |
| Fairchild ¹⁾ | SGW23N60UF | 600 | 2.0 | 12 @ 100 | | TO-220SMD | SGB15N60 |
| Fairchild ¹⁾ | SGH23N60UF | 600 | 2.0 | 12 @ 100 | | TO-3P | SGW15N60 |
| Fairchild ¹⁾ | SGP23N60UFD | 600 | 2.0 | 12 @ 100 | + диод | TO-220 | SKP15N60 |
| Fairchild ¹⁾ | SGP15N60RUF | 600 | 2.2 | 15 @ 100 | | TO-220 | SGP15N60 |
| Fairchild ¹⁾ | SGH23N60UFD | 600 | 2.0 | 15 @ 100 | + диод | TO-3P | SKP15N60 |
| Fairchild ¹⁾ | SGH15N60RUF | 600 | 2.2 | 15 @ 100 | + диод | TO-3P | SKP15N60 |
| Fairchild ¹⁾ | SGL15N60RUF | 600 | 2.0 | 15 @ 100 | + диод | TO-264 | SKW15N60 |
| Fairchild ¹⁾ | SGP20N60RUF | 600 | 2.2 | 20 @ 100 | | TO-220 | SGP20N60 |
| Fairchild ¹⁾ | SGH20N60RUF | 600 | 2.2 | 20 @ 100 | + диод | TO-3P | SKW20N60 |
| Fairchild ¹⁾ | SGH40N60UFD | 600 | 2.0 | 20 @ 100 | + диод | TO-3P | SKW20N60 |
| Fairchild ¹⁾ | SHG40N60UF | 600 | 2.0 | 20 @ 100 | | TO-3P | SGP20N60 |
| Fairchild ¹⁾ | SGP20N60RUF | 600 | 2.2 | 20 @ 100 | | TO-220 | SGP20N60 |
| Fairchild ¹⁾ | SGP40N60UF | 600 | 2.0 | 20 @ 100 | | TO-220 | SGP20N60 |
| Fairchild ¹⁾ | SGW20N60RUF | 600 | 2.2 | 20 @ 100 | | TO-220SMD | SGB20N60 |
| Fairchild ¹⁾ | SGL20N60RUF | 600 | 2.0 | 20 @ 100 | + диод | TO-264 | SKW20N60 |
| Fairchild ¹⁾ | SGH30N60RUF | 600 | 2.2 | 30 @ 100 | | TO-3P | SKW30N60 |
| Fairchild ¹⁾ | SGH30N60UFD | 600 | 2.0 | 30 @ 100 | + диод | TO-3P | SKW30N60 |
| Fairchild ¹⁾ | SGH30N60RUF | 600 | 2.2 | 30 @ 100 | + диод | TO-3P | SKW30N60 |
| Fairchild ¹⁾ | SGL30N60RUF | 600 | 2.0 | 30 @ 100 | + диод | TO-264 | SKW30N60 |
| Fairchild ¹⁾ | SGP6N60UF | 600 | 2.0 | 3 @ 100 | | TO-220 | SGP04N60 |
| Fairchild ¹⁾ | SGP6N60UFD | 600 | 2.0 | 3 @ 100 | + диод | TO-220 | SKP04N60 |
| Fairchild ¹⁾ | SGW6N60UF | 600 | 2.0 | 3 @ 100 | | TO-220SMD | SGB04N60 |
| Fairchild ¹⁾ | SGW6N60UFD | 600 | 2.0 | 3 @ 100 | + диод | TO-220SMD | SKB04N60 |
| Fairchild ¹⁾ | SGU6N60UF | 600 | 2.0 | 3 @ 100 | | I-PAK | SGU04N60 |
| Fairchild ¹⁾ | SGP5N60RUF | 600 | 2.2 | 5 @ 100 | + диод | TO-220 | SGP06N60 |
| Fairchild ¹⁾ | SGP5N60RUF | 600 | 2.2 | 5 @ 100 | | TO-220 | SKP06N60 |
| Fairchild ¹⁾ | SGU5N60RUF | 600 | 2.2 | 5 @ 100 | | I-PAK | SGU06N60 |
| Fairchild ¹⁾ | SGW5N60RUF/UFD | 600 | 2.2 | 5 @ 100 | | TO-220SMD | SGB06N60 |
| Fairchild ¹⁾ | SGL5N60RUF | 600 | 2.0 | 5 @ 100 | | TO-264 | SKP06N60 |
| Fairchild ¹⁾ | SGR5N60RUF | 600 | 2.0 | 5 @ 100 | | D-PAK | SGD06N60 |
| Fairchild ¹⁾ | SGP13N60UF/UFD | 600 | 2.0 | 7 @ 100 | | TO-220 | SGP06N60 |
| Fairchild ¹⁾ | SGW13N60UF/UFD | 600 | 2.0 | 7 @ 100 | | TO-220SMD | SKB10N60 |
| Fairchild ¹⁾ | SGH13N60UFD | 600 | 2.0 | 7 @ 100 | | TO-3P | SKP10N60 |
| ST | STGP10NB60S | 600 | 1.35 | 10 @ 100 | | TO-220 | SGP10N60 |
| ST | STGP20NB60H | 600 | 2.3 | 20 @ 100 | | TO-220 | SGP20N60 |
| ST | STGW20NB60H | 600 | 2.3 | 20 @ 100 | | TO-247 | SGW20N60 |
| ST | STGW20NB60HD | 600 | 2.3 | 20 @ 100 | + диод | TO-247 | SKW20N60 |
| ST | STGD7NB60H | 600 | 2.3 | 7 @ 100 | | D-PAK | SGD06N60 |
| ST | STGP7NB60H | 600 | 2.3 | 7 @ 100 | | TO-220 | SGP06N60 |
| ST | STGP7NB60HD | 600 | 2.3 | 7 @ 100 | + диод | TO-220 | SKP06N60 |
| ST | STGB7NB60HD | 600 | 2.3 | 7 @ 100 | + диод | DI-PAK | SKB06N60 |
| ST | STGP7NB60HDFP | 600 | 2.3 | 7 @ 100 | + диод | TO-220FP | SKA06N60 |
| Intersil ²⁾ | HGTD3N60B3 | 600 | 1.8 | 3 @ 110 | Серия Quantum Speed | I-PAK | SGU04N60 |
| Intersil ²⁾ | HGTP3N60B3S | 600 | 1.8 | 3 @ 110 | Серия Quantum Speed | D-PAK/TO-220 | SGD04N60/SGP04N60 |
| Intersil ²⁾ | HGT1S3N60B3S | 600 | 1.8 | 3 @ 110 | Серия Quantum Speed | TO-220SMD | SGB04N60 |

1) Панее «Samsung Power Products».

2) Панее «Harris Power Products».

1. ТРАНЗИСТОРЫ С ТЕХНОЛОГИЕЙ NPT IGBT

Продолжение табл. 1.2.

| Производитель | Прибор | V _{CE} [В] | V _{CE (sat)} [В] @ 25°C, I _c | I _c [А] @ T _c [°C] | Особенности | Корпус | Ближайший аналог «Infineon» |
|------------------------|----------------|---------------------|--|--|---------------------|-----------|-----------------------------|
| Intersil ²⁾ | HGTP7N60B3 | 600 | 1.8 | 7 @ 110 | Серия Quantum Speed | TO-220 | SGP06N60/SGP10N60 |
| Intersil ²⁾ | HGTD7N60B3 | 600 | 1.8 | 7 @ 110 | Серия Quantum Speed | I-PAK | SGU06N60/SGP10N60 |
| Intersil ²⁾ | HGTD7N60B3S | 600 | 1.8 | 7 @ 110 | Серия Quantum Speed | D-PAK | SGD06N60/SGB10N60 |
| Intersil ²⁾ | HGT1S7N60B3S | 600 | 1.8 | 7 @ 110 | Серия Quantum Speed | TO-220SMD | SGB06N60/SGB10N60 |
| Intersil ²⁾ | HGTP12N60B3 | 600 | 1.6 | 12 @ 110 | Серия Quantum Speed | TO-220 | SGP15N60 |
| Intersil ²⁾ | HGT1S12N60B3S | 600 | 1.6 | 12 @ 110 | Серия Quantum Speed | TO-220SMD | SGB15N60 |
| Intersil ²⁾ | HGTG20N60B3 | 600 | 1.8 | 20 @ 110 | Серия Quantum Speed | TO-247 | SGW20N60 |
| Intersil ²⁾ | HGTP20N60B3 | 600 | | 20 @ 110 | Серия Quantum Speed | TO-220 | SGP20N60 |
| Intersil ²⁾ | HGTG30N60B3 | 600 | 1.45 | 30 @ 110 | Серия Quantum Speed | TO-247 | SGW30N60 |
| Intersil ²⁾ | HGTP3N60C3D | 600 | 1.65 | 3 @ 110 | + диод | TO-220 | SKP04N60 |
| Intersil ²⁾ | HGT1S3N60C3DS | 600 | 1.65 | 3 @ 110 | + диод | TO-220SMD | SKB04N60 |
| Intersil ²⁾ | HGTP7N60C3D | 600 | 1.6 | 7 @ 110 | + диод | TO-220 | SKP06N60/SKP10N60 |
| Intersil ²⁾ | HGT1S7N60C3DS | 600 | 1.6 | 7 @ 110 | + диод | TO-220SMD | SKB06N60/SKB10N60 |
| Intersil ²⁾ | HGTP12N60B3D | 600 | 1.65 | 12 @ 110 | + диод | TO-220 | SKP15N60 |
| Intersil ²⁾ | HGT1S12N60C3DS | 600 | 1.65 | 12 @ 110 | + диод | TO-220SMD | SKB15N60 |
| Intersil ²⁾ | HGTG20N60B3DR | 600 | 1.8 | 20 @ 110 | + диод | TO-247 | SKW20N60 |
| Intersil ²⁾ | HGTG27N60B3DR | 600 | 1.8 | 27 @ 110 | + диод | TO-247 | SKW30N60 |
| Intersil ²⁾ | HGTG30N60B3D | 600 | 1.5 | 30 @ 110 | + диод | TO-247 | SKW30N60 |
| Intersil ²⁾ | HGTD3N60C3S | 600 | 1.65 | 3 @ 110 | Серия Ultra Fast | D-PAK | SGD02N60, SGD04N60 |
| Intersil ²⁾ | HGTG20N60C3 | 600 | 1.4 | 20 @ 110 | Серия Ultra Fast | TO-247 | SGW20N60 |
| Intersil ²⁾ | HGTP20N60C3 | 600 | 1.4 | 20 @ 110 | Серия Ultra Fast | TO-220 | SGP20N60 |
| Intersil ²⁾ | HGT1S20N60C3S | 600 | 1.4 | 20 @ 110 | Серия Ultra Fast | TO-220SMD | SGB20N60 |
| Intersil ²⁾ | HGTG20N60C3D | 600 | 1.4 | 20 @ 110 | + диод | TO-247 | SKW20N60 |
| Intersil ²⁾ | HGTD7N60C3 | 600 | 1.6 | 7 @ 110 | Серия Ultra Fast | I-PAK | SGU06N60 |
| Intersil ²⁾ | HGTD7N60C3S | 600 | 1.6 | 7 @ 110 | Серия Ultra Fast | D-PAK | SGD06N60 |
| Intersil ²⁾ | HGTP7N60C3 | 600 | 1.6 | 7 @ 110 | Серия Ultra Fast | TO-220 | SGP06N60 |
| Intersil ²⁾ | HGTP12N60C3 | 600 | 1.65 | 12 @ 110 | Серия Ultra Fast | TO-220 | SGP15N60 |
| Intersil ²⁾ | HGT1S12N60C3S | 600 | 1.65 | 12 @ 110 | Серия Ultra Fast | TO-220SMD | SGB15N60 |
| Intersil ²⁾ | HGTG12N60C3D | 600 | 1.65 | 12 @ 110 | + диод | TO-247 | SKW15N60 |
| Intersil ²⁾ | HGTP12N60C3D | 600 | 1.65 | 12 @ 110 | + диод | TO-220 | SKP15N60 |
| Intersil ²⁾ | HGT1S12N60C3DS | 600 | 1.65 | 12 @ 110 | + диод | TO-220SMD | SKB15N60 |
| Intersil ²⁾ | HGTG30N60C3 | 600 | 1.5 | 30 @ 110 | Серия Ultra Fast | TO-247 | SGW30N60 |
| Intersil ²⁾ | HGTG30N60C3D | 600 | 1.5 | 30 @ 110 | + диод | TO-247 | SKW30N60 |
| Intersil ²⁾ | HGTD1N120BNS | 1200 | 2.5 @ 1 A | 2.7 @ 110 | NPT | TO-252AA | SGD02N120 |
| Intersil ²⁾ | HGTP1N120BN | 1200 | 2.5 @ 1 A | 2.7 @ 110 | NPT | TO-220AB | SGP02N120 |
| Intersil ²⁾ | HGTP1N120BND | 1200 | 2.5 @ 1 A | 2.7 @ 110 | + диод | TO-220AB | SKP02N120 |
| Intersil ²⁾ | HGT1S1N120BNDS | 1200 | 2.5 @ 1 A | 2.7 @ 110 | + диод | TO-263AB | SKB02N120 |
| Intersil ²⁾ | HGTP1N120CND | 1200 | 2.05 @ 1 A | 3.2 @ 110 | + диод | TO-220AB | SKP02N120 |
| Intersil ²⁾ | HGT1S1N120CNDS | 1200 | 2.05 @ 1 A | 3.2 @ 110 | + диод | TO-263AB | SKB02N120 |
| Intersil ²⁾ | HGTD1N120CNS | 1200 | 2.05 @ 1 A | 3.2 @ 110 | NPT | TO-252AA | SGD02N120 |
| Intersil ²⁾ | HGTP1N120CN | 1200 | 2.05 @ 1 A | 3.2 @ 110 | NPT | TO-220AB | SGP02N120 |
| Intersil ²⁾ | HGTP2N120BN | 1200 | 2.45 @ 2.3 A | 5.6 @ 110 | NPT | TO-220AB | SGP07N120 |
| Intersil ²⁾ | HGT1S2N120BNS | 1200 | 2.45 @ 2.3 A | 5.6 @ 110 | NPT | TO-263AB | SGB07N120 |
| Intersil ²⁾ | HGTP2N120BND | 1200 | 2.45 @ 2.3 A | 5.6 @ 110 | + диод | TO-220AB | SKP07N120 |
| Intersil ²⁾ | HGT1S2N120BNDS | 1200 | 2.45 @ 2.3 A | 5.6 @ 110 | + диод | TO-263AB | SKB07N120 |
| Intersil ²⁾ | HGTD2N120CNS | 1200 | 2.05 @ 2.6 A | 7 @ 110 | NPT | TO-220AB | SGP07N120 |
| Intersil ²⁾ | HGT1S2N120CNS | 1200 | 2.05 @ 2.6 A | 7 @ 110 | NPT | TO-263AB | SGB07N120 |
| Intersil ²⁾ | HGTP5N120BN | 1200 | 2.45 @ 5 A | 10 @ 110 | NPT | TO-220AB | SGP07N120/SGP15N120 |
| Intersil ²⁾ | HGT1S5N120BNS | 1200 | 2.45 @ 5 A | 10 @ 110 | NPT | TO-263AB | SGB07N120/SGB15N120 |
| Intersil ²⁾ | HGTG5N120BND | 1200 | 2.45 @ 5 A | 10 @ 110 | + диод | TO-247 | SKW07N120/SKW15N120 |
| Intersil ²⁾ | HGTP5N120CN | 1200 | 2.1 @ 5.5 A | 12 @ 110 | NPT | TO-220AB | SGP15N120 |
| Intersil ²⁾ | HGT1S5N120CNS | 1200 | 2.1 @ 5.5 A | 12 @ 110 | NPT | TO-263AB | SGB15N120 |
| Intersil ²⁾ | HGTG5N120CND | 1200 | 2.1 @ 5.5 A | 12 @ 110 | + диод | TO-247 | SKW15N120 |
| Intersil ²⁾ | HGTG10N120BND | 1200 | 2.45 @ 10 A | 17 @ 110 | + диод | TO-247 | SKW15N120 |
| Intersil ²⁾ | HGTG10N120BN | 1200 | 2.45 @ 10 A | 17 @ 110 | NPT | TO-247 | SGW15N120 |
| Intersil ²⁾ | HGTP10N120BN | 1200 | 2.45 @ 10 A | 17 @ 110 | NPT | TO-220AB | SGP15N120 |
| Intersil ²⁾ | HGT1S10N120BNS | 1200 | 2.45 @ 10 A | 17 @ 110 | NPT | TO-263AB | SGB15N120 |
| Intersil ²⁾ | HGTG11N120CND | 1200 | 2.1 @ 11 A | 22 @ 110 | + диод | TO-247 | SKW25N120 |

²⁾ Панее «Harris Power Products».

1. ТРАНЗИСТОРЫ С ТЕХНОЛОГИЕЙ NPT IGBT

Продолжение табл. 1.2.

| Производитель | Прибор | V _{CE} [В] | V _{CE(sat)} [В] @ 25°C, I _c | I _c [А] @ T _c [°C] | Особенности | Корпус | Ближайший аналог «Infineon» |
|------------------------|---------------|---------------------|---|--|----------------------|---------------|-----------------------------|
| Intersil ²⁾ | HGTG11N120CN | 1200 | 2.1 @ 11 A | 22 @ 110 | NPT | TO-247 | SGW25N120 |
| Intersil ²⁾ | HGTG18N120BN | 1200 | 2.45 @ 18A | 26 @ 110 | NPT | TO-247 | SGW25N120 |
| Intersil ²⁾ | HGTG18N120BND | 1200 | 2.45 @ 18 A | 26 @ 110 | + диод | TO-247 | SGW25N120 |
| IR | IRG4BC20W | 600 | 2.16 | 6,5 @ 100 | Серия Warp | TO-220 | SGP06N60 |
| IR | IRG4BC30W | 600 | 2.70 | 12 @ 100 | Серия Warp | TO-220 | SGP10N60, SGP15N60 |
| IR | IRG4BC40W | 600 | 2.05 | 20 @ 100 | Серия Warp | TO-220 | SGP20N60 |
| IR | IRG4PC50W | 600 | 2.3 | 27 @ 100 | Серия Warp | TO-247 | SGW30N60 |
| IR | IRG4PC30W | 600 | 2.7 | 12 @ 100 | Серия Warp | TO-247 | SGW10N60, SGW15N60 |
| IR | IRG4BC30W- S | 600 | 2.7 | 12 @ 100 | Серия Warp | TO-220SMD | SGB10N60, SGB15N60 |
| IR | IRG4PC40W | 600 | 2.05 | 20 @ 100 | Серия Warp | TO-247 | SGW20N60 |
| IR | IRG4RC10U | 600 | 2.15 | 5 @ 100 | Серия Ultra Fast | D-PAK | SGD06N60 |
| IR | IRG4BC10UD | 600 | 2.15 | 5 @ 100 | + диод | TO-220 | SKP06N60 |
| IR | IRG4BC20UD | 600 | 1.85 | 6.5 @ 100 | + диод | TO-220 | SKP06N60 |
| IR | IRG4BC20U | 600 | 1.85 | 6.5 @ 100 | Серия Ultra Fast | TO-220 | SGD06N60 |
| IR | IRG4BC30UD | 600 | 1.95 | 12 @ 100 | + диод | TO-220 | SKP10N60, SKP15N60 |
| IR | IRG4BC30U | 600 | 1.95 | 12 @ 100 | Серия Ultra Fast | TO-220 | SGP10N60, SGP15N60 |
| IR | IRG4PC30UD | 600 | 1.95 | 12 @ 100 | + диод | TO-247 | SKW10N60, SKW15N60 |
| IR | IRG4PC30U | 600 | 1.95 | 12 @ 100 | Серия Ultra Fast | TO-247 | SGW10N60, SGW15N60 |
| IR | IRG4PC40UD | 600 | 1.72 | 20 @ 100 | + диод | TO-247 | SKW20N60 |
| IR | IRG4PC40U | 600 | 1.72 | 20 @ 100 | Серия Ultra Fast | TO-247 | SGW20N60 |
| IR | IRG4BC40U | 600 | 1.72 | 20 @ 100 | Серия Ultra Fast | TO-220 | SGP20N60 |
| IR | IRG4PC50UD | 600 | 1.65 | 27 @ 100 | + диод | TO-247 | SKW30N60 |
| IR | IRG4PC50U | 600 | 1.65 | 27 @ 100 | Серия Ultra Fast | TO-247 | SGW30N60 |
| IR | IRG4IBC10UD | 600 | 2.15 | 5 @ 100 | + диод | TO-220Fullpak | SKA06N60 |
| IR | IRG4IBC20UD | 600 | 1.85 | 6.5 @ 100 | + диод | TO-220Fullpak | SKA06N60 |
| IR | IRG4BC30U- S | 600 | 1.95 | 12 @ 100 | Серия Ultra Fast | TO-220SMD | SGB10N60 |
| IR | IRG4PH40UD | 1200 | 2.65 | 16 @ 100 | + диод | TO-247 | SKW15N120 |
| IR | IRG4PH40U | 1200 | 2.65 | 16 @ 100 | Серия Ultra Fast | TO-247 | SGW15N120 |
| IR | IRG4PH50UD | 1200 | 2.78 | 24 @ 100 | + диод | TO-247 | SKW25N120 |
| IR | IRG4PH50U | 1200 | 2.78 | 24 @ 100 | Серия Ultra Fast | TO-247 | SGW25N120 |
| Motorola | MGW12N120 | 1200 | 3.5 @ 5 A, 125°C | 12 @ 90 | | TO-247 | SGW15N120/BUP314S |
| Motorola | MGW12N120D | 1200 | 3.8 @ 5 A, 125°C | 12 @ 90 | + диод | TO-247 | SKW15N120/BUP311D |
| Motorola | MGW20N120 | 1200 | 2.4 @ 10 A, 125°C | 20 @ 90 | | TO-247 | SGW25N120/BUP314 |
| Motorola | MGY20N120D | 1200 | 2.4 @ 10 A, 125°C | 20 @ 90 | + диод | TO-264 | SKW25N120/BUP314D |
| Motorola | MGY25N120 | 1200 | 2.2 @ 12.5 A, 125°C 25 A @ 90°C | | | TO-264 | SGW25N120/BUP314 |
| Motorola | MGY25N120D | 1200 | 2.2 @ 12.5 A, 125°C 25 A @ 90°C | | + диод | TO-264 | SKW25N120/BUP314D |
| Motorola | MGP11N60E | 600 | 2.0 @ 8 A, 125°C | 11 @ 90 | | TO-220 | SGP10N60 |
| Motorola | MGP11N60ED | 600 | 2.0 @ 8 A, 125°C | 11 @ 90 | + диод | TO-220 | SKP10N60 |
| Motorola | MGP14N60E | 600 | 2.0 @ 10 A, 125°C | 14 @ 90 | | TO-220 | SGP15N60 |
| Motorola | MGP15N60U | 600 | 1.7 @ 8 A, 125°C | 15 @ 90 | | TO-220 | SGP15N60 |
| Motorola | MGP20N60U | 600 | 1.7 @ 10 A, 125°C | 20 @ 90 | | TO-220 | SGP20N60 |
| Motorola | MGP21N60E | 600 | 2.1 @ 20 A, 125°C | 21 @ 90 | | TO-220 | SGP20N60 |
| Motorola | MGP4N60E | 600 | 2.0 @ 3 A, 125°C | 4 @ 90 | | TO-220 | SGP04N60 |
| Motorola | MGP4N60ED | 600 | 2.0 @ 3 A, 125°C | 4 @ 90 | + диод | TO-220 | SKP04N60 |
| Motorola | MGP7N60E | 600 | 2.0 @ 5 A, 125°C | 7 @ 90 | | TO-220 | SGP06N60 |
| Motorola | MGP7N60ED | 600 | 2.0 @ 5 A, 125°C | 7 @ 90 | + диод | TO-220 | SKP06N60 |
| Motorola | MGW14N60ED | 600 | 2.0 @ 10 A, 125°C | 14 @ 90 | + диод | TO-247 | SKW15N60 |
| Motorola | MGW21N60ED | 600 | 2.1 @ 20 A, 125°C | 21 @ 90 | + диод | TO-247 | SKW20N60 |
| Motorola | MGW30N60 | 600 | 2.0 @ 125°C | 30 @ 90 | | TO-247 | SGW30N60 |
| IXYS | IXGA10N60 | 600 | 2.5 | 10 @ 90 | Серия HiPerFast IGBT | TO-263 | SGB10N60/BUP400 |
| IXYS | IXGA12N60C | 600 | 2.1 | 12 @ 90 | | TO-263 | SGB10N60/BUP400 |
| IXYS | IXGA12N60CD1 | 600 | 2.1 | 12 @ 90 | + диод | TO-263 | SKB10N60 |
| IXYS | IXGA20N60B | 600 | 1.7 | 20 @ 90 | | TO-263 | SGB20N60/BUP402 |
| IXYS | IXGA7N60B | 600 | 1.5 @ 25°C | 7 @ 90 | | TO-263 | SGB06N60 |
| IXYS | IXGA7N60C | 600 | 2 @ 25°C | 7 @ 90 | | TO-263 | SGB06N60 |
| IXYS | IXGH10N60 | 600 | 2.5 @ 25°C | 10 @ 90 | Серия HiPerFast IGBT | TO-247 | SGW10N60 |
| IXYS | IXGH12N60C | 600 | 2.1 @ 25°C | 12 @ 90 | | TO-247 | SGW10N60 |
| IXYS | IXGH20N60 | 600 | 2.5 @ 25°C | 20 @ 90 | Серия HiPerFast IGBT | TO-247 | SGB20N60/BUP402 |

²⁾ Панее «Harris Power Products».

1. ТРАНЗИСТОРЫ С ТЕХНОЛОГИЕЙ NPT IGBT

Окончание табл. 1.2.

| Производитель | Прибор | V_{CE} [В] | $V_{CE(sat)}$ [В] @ 25°C, I_c | I_c [А] @ T_c [°C] | Особенности | Корпус | Ближайший аналог «Infineon» |
|---------------|---------------|--------------|---------------------------------|------------------------|----------------------|--------|-----------------------------|
| IXYS | IXGH20N60A | 600 | 3 | 20 @ 90 | | TO-247 | SGW20N60/BUP313 |
| IXYS | IXGH20N60B | 600 | 1.7 | 20 @ 90 | | TO-247 | SGW20N60/BUP313 |
| IXYS | IXGH20N60BD1 | 600 | 1.7 | 20 @ 90 | + диод | TO-247 | SKW20N60 |
| IXYS | IXGH28N60B | 600 | 2 | 28 @ 90 | Серия HiPerFast IGBT | TO-247 | SGB30N60/BUP403 |
| IXYS | IXGH28N60D1 | 600 | 2 | 28 @ 90 | + диод | TO-247 | SKW30N60/BUP603D |
| IXYS | IXGH30N60 | 600 | 1.8 | 30 @ 90 | Серия HiPerFast IGBT | TO-247 | SGW30N60 |
| IXYS | IXGH31N60 | 600 | 1.7 | 31 @ 90 | Серия HiPerFast IGBT | TO-247 | SGW30N60 |
| IXYS | IXGH31N60D1 | 600 | 1.7 | 31 @ 90 | + диод | TO-247 | SKW30N60/BUP603D |
| IXYS | IXGH38N60 | 600 | 1.8 | 38 @ 90 | Серия HiPerFast IGBT | TO-247 | BUP604 |
| IXYS | IXGH40N60 | 600 | 2.5 | 40 @ 90 | Серия HiPerFast IGBT | TO-247 | BUP604 |
| IXYS | IXGH41N60 | 600 | 1.6 | 41 @ 90 | Серия HiPerFast IGBT | TO-247 | BUP604 |
| IXYS | IXGH50N60B | 600 | | 50 @ 90 | | TO-247 | BUP604 |
| IXYS | IXGP10N60 | 600 | 2.5 | 10 @ 90 | Серия HiPerFast IGBT | TO-220 | SGP10N60/BUP400 |
| IXYS | IXGP12N60C | 600 | 2.1 | 12 @ 90 | | TO-220 | SGP10N60/BUP400 |
| IXYS | IXGP12N60CD1 | 600 | 2.1 | 12 @ 90 | + диод | TO-220 | SKP10N60 |
| IXYS | IXGP20N60B | 600 | 1.7 | 20 @ 90 | | TO-220 | SGP20N60/BUP402 |
| IXYS | IXGP7N60B | 600 | 1.5 | 7 @ 90 | | TO-220 | SGP06N60 |
| IXYS | IXGP7N60C | 600 | 2 | 7 @ 90 | | TO-220 | SGP06N60 |
| IXYS | IXSA12N60AU1 | 600 | 2.5 | 12 @ 90 | + диод | TO-263 | SKB10N60/BUP400D |
| IXYS | IXSA16N60 | 600 | 1.8 | 16 @ 90 | | TO-263 | SGB15N60/BUP401 |
| IXYS | IXSH10N60A | 600 | 3 | 10 @ 90 | | TO-247 | SGW10N60 |
| IXYS | IXSH16N60U1 | 600 | 1.8 | 16 @ 90 | + диод | TO-247 | SKW15N60 |
| IXYS | IXSH20N60AU1 | 600 | 3 | 20 @ 90 | + диод | TO-247 | SKW20N60/BUP602D |
| IXYS | IXSH24N60 | 600 | 2.2 | 24 @ 90 | Серия HiPerFast IGBT | TO-247 | SGW20N60 |
| IXYS | IXSH24N60A | 600 | 2.7 | 24 @ 90 | Серия HiPerFast IGBT | TO-247 | SGW20N60 |
| IXYS | IXSH24N60U1 | 600 | 2.2 | 24 @ 90 | + диод | TO-247 | SKW20N60/BUP602D |
| IXYS | IXSH30N60 | 600 | 2.5 | 30 @ 90 | | TO-247 | SGW30N60 |
| IXYS | IXSH30N60U1 | 600 | 2.5 | 30 @ 90 | + диод | TO-247 | SKW30N60/BUP603D |
| IXYS | IXSH40N60 | 600 | 2.5 | 40 @ 90 | | TO-247 | BUP604 |
| IXYS | IXSP16N60 | 600 | 1.8 | 16 @ 90 | | TO-220 | SGP15N60/BUP401 |
| IXYS | IXDA20N120AS | 1200 | 2.8 | 21 @ 90 | | TO-263 | SGW25N120 |
| IXYS | IXDH20N120 | 1200 | 2.4 | 25 @ 90 | | TO-247 | SGW25N120/BUP314 |
| IXYS | IXDH20N120D1 | 1200 | 2.4 | 25 @ 90 | + диод | TO-247 | SKW25N120/BUP314D |
| IXYS | IXDH30N120AU1 | 1200 | 2.5 | 31 @ 90 | + диод | TO-247 | SKW25N120/BUP314D |
| IXYS | IXDT30N120AU1 | 1200 | 2.5 | 31 @ 90 | + диод | TO-268 | SKW25N120/BUP314D |
| IXYS | IXGH25N120 | 1200 | 3.5 | 25 @ 90 | | TO-247 | SGW25N120 |
| IXYS | IXGH25N120A | 1200 | 4 | 25 @ 90 | | TO-247 | SGW25N120 |
| IXYS | IXGH25N120AU1 | 1200 | | 25 @ 90 | + диод | TO-247 | SKW25N120 |
| IXYS | IXSH10N120A | 1200 | | 30 @ 90 | | TO-247 | SGW30N60 |
| IXYS | IXSH10N120AU1 | 1200 | 4 | 10 @ 90 | + диод | TO-247 | SKW07N120 |
| IXYS | IXSH15N120A | 1200 | 4 | 15 @ 90 | | TO-247 | SGW15N120/BUP314S |
| IXYS | IXSH15N120AU1 | 1200 | 4 | 15 @ 90 | + диод | TO-247 | SKW15N120/BUP313D |
| IXYS | IXSH25N120A | 1200 | 4 | 25 @ 90 | | TO-247 | SGW25N120/BUP314 |
| IXYS | IXSH25N120AU1 | 1200 | 4 | 25 @ 90 | + диод | TO-247 | SKW25N120/BUP314D |

2. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ КЛЮЧИ

Важнейшим направлением развития современной автотранспортной техники является повышение топливной экономичности. Использование современных интеллектуальных ключей взамен традиционных реле и механических связей является одним из ресурсов для движения в этом направлении.*

Интеллектуальные ключи серий TEMPFET®, HITFET®, PROFET® фирмы «Infineon» обладают рядом свойств, открывающих качественно новые возможности. Так, они снабжены множеством функций защиты от повреждений (ограничения тока нагрузки, защита от короткого замыкания нагрузки, перегрева, обрыва вывода питания и общего вывода, от бросков напряжения при коммутации индуктивной нагрузки, от переплюсовки напряжения питания и т. д.), что позволяет использовать их в цепях без предохранителей и других защитных элементов, а также дает возможность применять более тонкие провода без риска их перегрева, что снижает вес и стоимость электропроводки.

Ряд типов ключей имеет выходы диагностической информации, используемой бортовым компьютером. Запоминание в его памяти фактов срабатывания защиты в том или ином интеллектуальном ключе позволяет упростить обслуживание бортовой электросистемы, особенно при поиске и устранении перемежающихся отказов.

Высокое быстродействие интеллектуальных ключей позволяет их использовать в режиме ШИМ, что, в свою очередь, расширяет возможности управления аналоговыми исполнительными механизмами (регулировка яркости ламп, скорости вращения электродвигателей и т. д.). При этом достигается и существенная экономия как электроэнергии, так и веса элементов конструкции автомобиля. Так, обычный электродвигатель топливного насоса рассчитывается на мощность 80...250 Вт, чтобы он мог обеспечить максимальную подачу бензина при резких ускорениях. В режиме холостого хода или при малых нагрузках значительная часть топлива возвращается обратно в бензобак через обратный клапан и перекачивается фактически впустую. При интеллектуальном управлении этим двигателем его средняя потребляемая мощность может быть снижена до 5...50 Вт, т. е. примерно на 100 Вт. (Необходимо отметить, что выработка каждых лишних 100 Вт электроэнергии в автомобиле требует около 0.15 л топлива на каждые 100 км пути, а экономия этого количества топлива эквивалентна снижению собственной массы автомобиля на 50 кг!) Другим объектом возможной экономии является насос гидроусилителя рулевого управления, который выполняет полезную работу только при поворотах, а потребляет постоянно около 1000 Вт!

Как следует из данных **Табл. 2.1**, расход топлива у автомобиля высокого или среднего класса потенциально может быть снижен за счет применения энергосберегающих технологий примерно с 14 до 7...8 л на 100 км.

Таблица 2.1. Энергопотребление основных автомобильных систем

| Потребитель | Максимальная мощность | Средняя мощность | Возможная экономия |
|--|-----------------------|------------------|--------------------|
| | [Вт] | [Вт] | [Вт] |
| Топливный насос | 250 | 50 | 200 |
| Насос системы охлаждения | 300 | 200 | 100 |
| Нагреватель зеркала заднего вида | 320 | 220 | 100 |
| Обогреватель ветрового стекла | 250 | 150 | 100 |
| Воздушный насос | 300 | 100 | 200 |
| Электродвигатель рулевого привода | 1000 | 200 | 800 |
| Насос антиблокировочной системы тормозов | 400 | 100 | 300 |
| Вентилятор охлаждения | 800 | 600 | 200 |
| Электродвигатель подвески | 4000 | 3000 | 1000 |
| Кондиционер | 3000 | 1500 | 1500 |
| Нагреватель нейтрализатора выхлопных газов | 3000 | 2900 | 100 |
| Итого: | 13620 | 9020 | 4600 |

Примечание. Некоторые системы потребления еще имеют постоянный механический привод.

Снижение потребляемой мощности позволяет использовать менее мощный генератор, снизить емкость аккумулятора и сечение проводов, что влечет за собой снижение веса этих узлов и элементов. Отключение потребителей при токовых перегрузках, осуществляемое интеллектуальными ключами, исключает их повреждение, что также позволяет получить некоторую экономию в их весе. В целом снижение веса автомобиля на каждый килограмм обеспечивает снижение его цены на 5...10 (EURO), а экономия каждого ватта мощности снижает его эксплуатационные расходы на 2.5...5.

Еще одним резервом экономии является усовершенствование алгоритма управления электропотребителями, достигаемое при использовании интеллектуальных ключей. Речь идет о возможности снижения пиковых нагрузок за счет разделения по времени периодов включения сильноточных потребителей. Так, например, обогреватель зеркала заднего вида может быть выключен на время работы насоса системы АБС; разделение по времени моментов включения различных электродвигателей исключает сложение их пусковых токов и т. д.

* Alfons Graf «SIPMOS high-current switches in automotive electronics» Components XXXI (1996) № 5.