

различных пределах максимальной скорости коммутации  $dv_{CE}/dt$  с приемлемым током земли  $i_E$ .

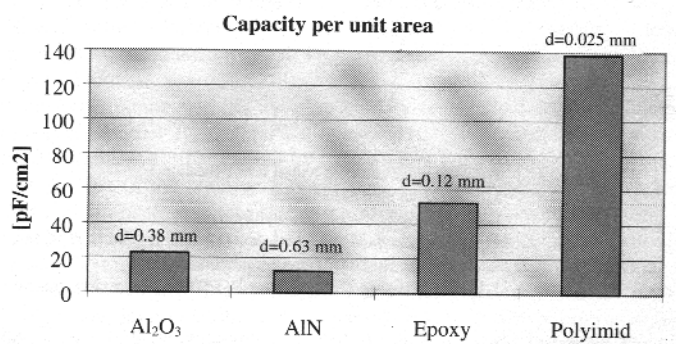


Рис.1.56 Емкость на единицу площади для различных изоляционных подложек

#### 1.4.2.7 Заданный мягкий режим в случае отказа модуля

При поломке модуля (вероятно вызванной плохим драйвером) будет передана общая энергия, сохраненная в электролитических конденсаторах, например, во внешних цепях питания. После перегорания внутренних проводов эта энергия сохраняется прямо в возникшей дуге, из-за которой модуль взрывается.

В обычных транзисторных модулях это может повлечь разрыв цепи, короткое замыкание основных выводов или даже пробой изоляции; дуга и частицы корпуса могут распространиться вокруг модуля с большой кинетической энергией.

При специальной конструкции корпуса опасность можно снизить и распространение частиц направить в определенную сторону. Последние разработки в этой области гарантируют, например, что до определенного уровня энергии около 15 кДж частицы модуля не распространяются вокруг; даже при 20 кДж корпус может пробиться, но никаких твердых металлических частиц не проникнет в окружающее пространство [196].

#### 1.4.2.8 Не загрязняющая переработка

Сегодня силовые модули обычно содержат токсические материалы (например BeO) и число таких материалов стараются использовать как можно меньше. Корпус и другие огнеупорные материалы не должны при возгорании выделять токсичный газ (UL-спецификация). При переработке стараются по возможности разделить модуль на металлические и неметаллические части. Поэтому, выпускаемые модули состоят исключительно из эластичных материалов (мягкое литье).

#### 1.4.3 Сборка и технология подключения: типы корпусов

Корпуса выпускаемых модулей содержат 1...7 MOSFET или IGBT ключей часто содержат винтовые, штекерные или припаиваемые выводы.

В большинстве транзисторных модулей разные производители стремятся обеспечить большую совместимость с частично исторически разработанными устройствами (рис.1.57).

Высокоинтегрированные модули (например SKiPPACK, MiniSKiP) не будут рассматриваться ниже.

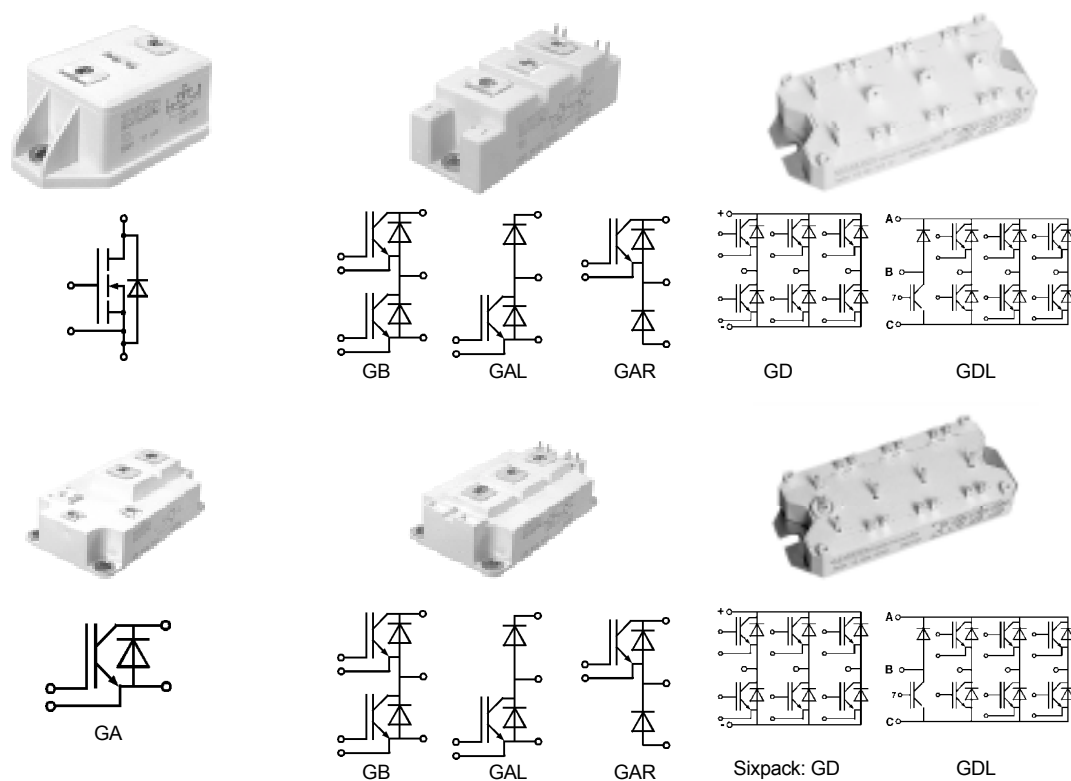


Рис.1.57a Транзисторные модули с основной пластиной

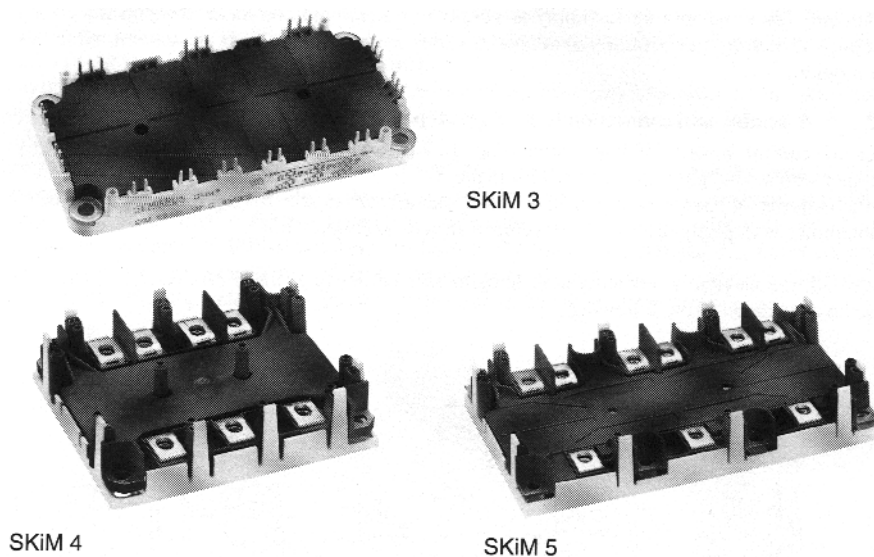


Рис.1.57b Транзисторные модули без основной пластины

Наибольшая степень стандартизации приходится на типы модуля с винтовыми выводами. Основное питание можно подключать шиной или многослойным монтажом. Часто делают дополнительные выводы для управления и элементов датчиков (например управляющий эмиттер, датчик-коллектор) для минимального влияния падения напряжения на индуктивности в основной цепи при коммутации, особенно на внутренних проводах.

Дополнительные источники часто выполнены как 2,8 мм разъемные плоские контакты, иногда также с винтовым соединением. Для маломощных модулей использование 6.3 мм или 2.8 мм разъемных плоских контактов для силовых и цепей управления, соответственно, очень распространено в настоящее время.

Получили распространение припаиваемые модули для печатного монтажа (например, SEMITOR, ECONOPACK), так как они имеют преимущества при автоматизации процесса изготовления, наладке. Оптимизированная разводка выводов обеспечивает низкоиндуктивную сборку, и можно пропускать токи до 100 А при параллельной пайке нескольких выводов. Поэтому может быть проблематичной разводка (для больших токов) и малые токи утечки на плате.

#### 1.4.4 Система обозначений SEMIKRON для SEMITRANS и SEMITOR силовых модулей

Различные функции, внутренние цепи, диапазон токов и напряжений, и другая информация закодирована изготовителями в их системе обозначений. Для SEMIKRON MOSFET и IGBT модулей ниже приведена система обозначений.

##### *SEMITRANS силовые MOSFET модули*

Приведена старая и новая система обозначений для SEMITRANS MOSFET модулей. Старая система обозначений была введена с первыми MOSFET модулями, некоторые из которых изготавливаются до сих пор, в конце восьмидесятых последовали рекомендации PRO-ELECTRON от SEMIKRON. Все новые разработанные модули маркируются в соответствии с новой системой, которая дает больше информации и в основном соответствует системе обозначений для SEMITRANS IGBT модулей.

Старая система обозначений, например

**SK M 1 5 1 A F R C**

Компонент SEMIKRON

MOS-технология

Внутренняя схема

- 1: Одиночный ключ
- 2: Двойной (полумостовой)
- 3: Специальный тип
- 4: Счетверенный (H-мост)
- 6: Шесть ключей (трехфазный мост)

Диапазон напряжений

- 0:  $V_{DS} = 50 \text{ В}$     5:  $V_{DS} = 500 \text{ В}$
- 1:  $V_{DS} = 100 \text{ В}$     8:  $V_{DS} = 800 \text{ В}$
- 2:  $V_{DS} = 200 \text{ В}$     9:  $V_{DS} = 1000 \text{ В}$

Новая система обозначений, например

**SK M 120 B 020**

Компонент SEMIKRON

MOS-технология

Диапазон токов стока  
( $I_D/A$  при  $T_{корп.} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ )

Внутренняя схема

- A: Одиночный ключ
- B: Двойной (полумостовой)
- D: Шесть ключей (трехфазный мост)
- M: 2 MOSFETа соединенных по центру

Диапазон напряжений сток-исток  
( $V_{DS}/V/10$ )

4:  $V_{DS} = 400 \text{ В}$

Внутренняя компоновка

0: 4...5 параллельных кристаллов

1: 6 параллельных кристаллов

2: 2 параллельных кристалла

3: Специальный тип

4: 4 + 4 кристалла

A: Лавинозащищенный одиночный кристалл

F: Встроенные быстрые обратные диоды

R: Встроенные резисторы параллельно затвору

C: Встроенный драйвер затвора (изгот. до 1996 г.)

### *SEMTRANS IGBT модули*

Например, **SK M 100 G B 12 3 D L**

Компонент SEMIKRON

M: MOS-технология

D: 7D-компоновка (В6-диодный входной мост с IGBT ключом)

Диапазон токов коллектора

( $I_C/A$  при  $T_{корп.} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ )

G: IGBT ключ

Внутренняя схема

A: Одиночный ключ

AL: Модуль с ключом (IGBT и обратный диод со стороны коллектора)

AR: Модуль с ключом (IGBT и обратный диод со стороны эмиттера)

AN: Асимметричный H-мост

AX: Одиночный IGBT + последовательный диод со стороны коллектора (обратное блокирование)

AY: Одиночный IGBT + последовательный диод со стороны эмиттера (обратное блокирование)

B: Двойной модуль (полумостовой)

BD: Двойной модуль (полумостовой) + 2 последовательных диода (обратное блокирование)

D: Шесть ключей (трехфазный мост)

DL: Семь ключей (трехфазный мост + AL ключ)

H: Полный однофазный H-мост

M: 2 IGBT, соединенных коллекторами

Диапазон напряжений коллектор-эмиттер ( $V_{CE}/V/10$ )

Серийный номер IGBT

0: первое поколение 1988-1991 (диапазон токов коллектора определен при  $T_{корп.} = 80 \text{ }^\circ\text{C}$ )

1,2: первое поколение 1988-1991 (диапазон токов коллектора определен при  $T_{корп.} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ ) (600 В: PT-IGBT, диапазон токов коллектора определен при  $T_{корп.} = 80 \text{ }^\circ\text{C}$ )

- 3: второе поколение (высокой плотности NPT-IGBT на 600 В и 1200 В), первое поколение NPT-IGBT кристаллов на 1700 В, CAL-диоды;  
600 В: диапазон токов коллектора определен при  $T_{корп.} = 80^{\circ}\text{C}$ , 1200 В-/1700 В: диапазон токов коллектора определен при  $T_{корп.} = 25^{\circ}\text{C}$ ; низкоиндуктивный корпус
- 4: высокой плотности, с малым  $V_{CEsat}$  NPT-IGBT кристаллы (1200 В, 1700 В)
- 5: высокой плотности, высокоскоростные NPT-IGBT кристаллы (600 В, 1200 В)
- 6: Trench-NPT-IGBT кристаллы

Возможности

D: быстрый обратный диод

K: SEMITRANS 5 в корпусе с винтовыми выводами

L: 6 в корпусе с выводами для припаивания

S: Collector-Sense-Terminal

I: усиленный обратный диод (для больших мощностей)

*SEMITRANS силовые модули*

Диапазон SEMIKRON SEMITOR модулей включает припаиваемые силовые модули с тиристорами, диодами, силовыми MOSFET и IGBT; рассмотрены только SEMITOR с MOSFET и IGBT,

Например, **SK M 100 G B 12 3 D L**

Компонент SEMIKRON

Номинальный ток в А при  $T_h = 25^{\circ}\text{C}$

G: IGBT ключ

M: MOSFET ключ

Внутренняя схема

A: Одиночный ключ

AL: Модуль с ключом (IGBT и обратный диод со стороны коллектора)

AR: Модуль с ключом (IGBT и обратный диод со стороны эмиттера)

АН: Асимметричный Н-мост

B: Двойной модуль (полумостовой)

D: Шесть ключей (трехфазный мост)

H: Полный однофазный Н-мост

Диапазон напряжений ( $V_{CE}/V/100$  или  $V_{DS}/V/100$ )

IGBT-серия

2: PT-IGBT-кристаллы (только на 600 В)

3: высокой плотности, NPT-IGBT кристаллы

4: высокой плотности, с малым  $V_{CEsat}$  NPT-IGBT кристаллы

5: высокой плотности, высокоскоростные NPT-IGBT кристаллы

Возможности (еще не определены для SEMITOR с кристаллами IGBT и MOSFET)

Быстрые обратные диоды, встроенные в каждый IGBT-SEMITOR, в системе обозначений не отображаются.

## 1.5 Примеры новых технологий корпусов