

«Mitsubishi Electric» является ведущей компанией на мировом рынке полупроводников. Микросхемы для компьютерной промышленности, силовые полупроводники для приводов двигателей и систем сцепления, опико-электронные компоненты для телекоммуникационных систем, микроконтроллеры и карты памяти — это все лишь часть предложений от «Mitsubishi Electric». Являясь одним из лидеров в производстве полупроводниковых силовых приборов, фирма «Mitsubishi Electric» представляет широкий спектр изделий этого класса для различного применения. Потребности промышленности и одновременно прогресс в области IGBT-технологии привели к идее создания комплексных интеллектуальных силовых полупроводниковых модулей питания и управления электромоторами (промышленными и бытовыми), сервоприводами и устройствами бытового применения (кондиционерами, стиральными машинами, холодильниками и т. д.).

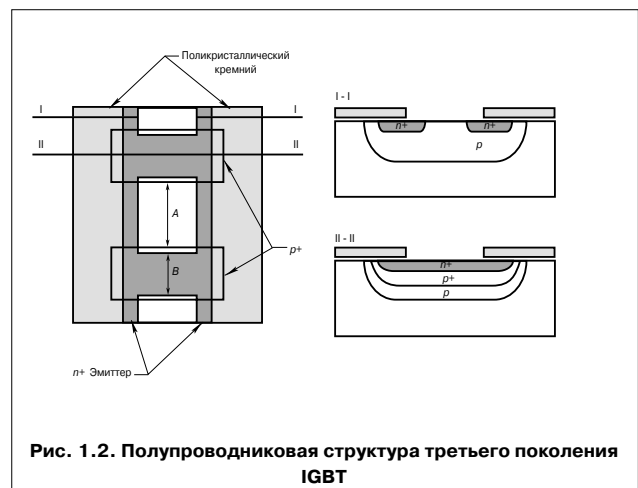
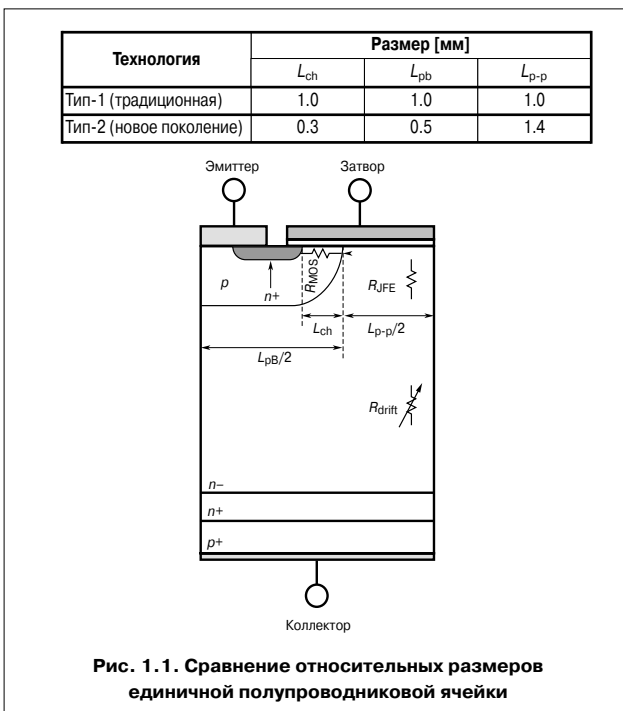
## ВВЕДЕНИЕ

### ОСОБЕННОСТИ СИЛОВЫХ IGBT-МОДУЛЕЙ

На примере IGBT и IPM H-серии 3-го поколения кратко рассмотрим структуру IGBT и обратного диода. Вследствие постоянного улучшения и разработки новой стратегии развития, а также следуя возрастающим требованиям рынка силовых устройств, «Mitsubishi Electric» в

4-м квартале 1992 года выпустила на рынок H-серию IGBT-модулей. По сравнению со вторым поколением (E-серия) в третьем поколении IGBT-модулей «Mitsubishi Electric» имеет меньше потери при переключении и ниже прямое падение напряжения вследствие применения улучшенных технологических процессов: поверхностной диффузии, уменьшения размера полупроводниковой структуры и оптимизации разводки соединений. Новая полупроводниковая структура была разработана, чтобы улучшить живучесть модулей E-серии при коротком замыкании.

На **Рис. 1.1** показаны различия размеров полупроводниковой ячейки второго и третьего поколения IGBT. На **Рис. 1.2** представлен вид сверху и поперечные сечения полупроводниковой структуры, образованной из ячеек третьего поколения.

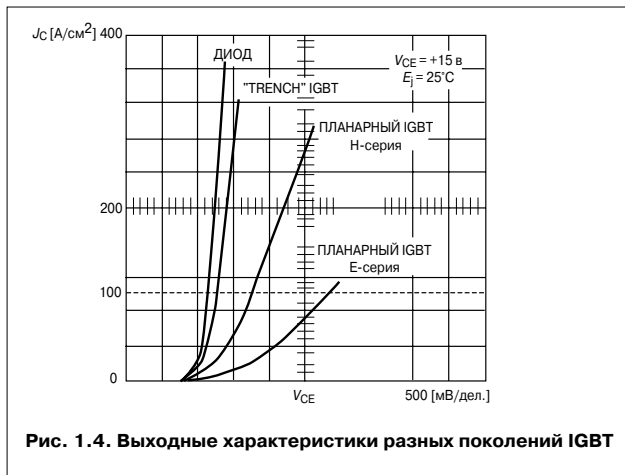


Переходные характеристики напряжения насыщения для IGBT-модулей серий E и H сравниваются на **Рис. 1.3**.

Чтобы еще уменьшить потери на переключение, в приборах H-серии был разработан и новый обратный диод с быстрым и «мягким» восстановлением, оптимизированным для работы тяжелых условиях. Полный заряд переключения ( $Q_{RR}$ ) был уменьшен в 4 раза, и, соответственно, пиковый ток ( $I_{RR}$ ) и время восстановления ( $t_{RR}$ ) уменьшены вдвое.

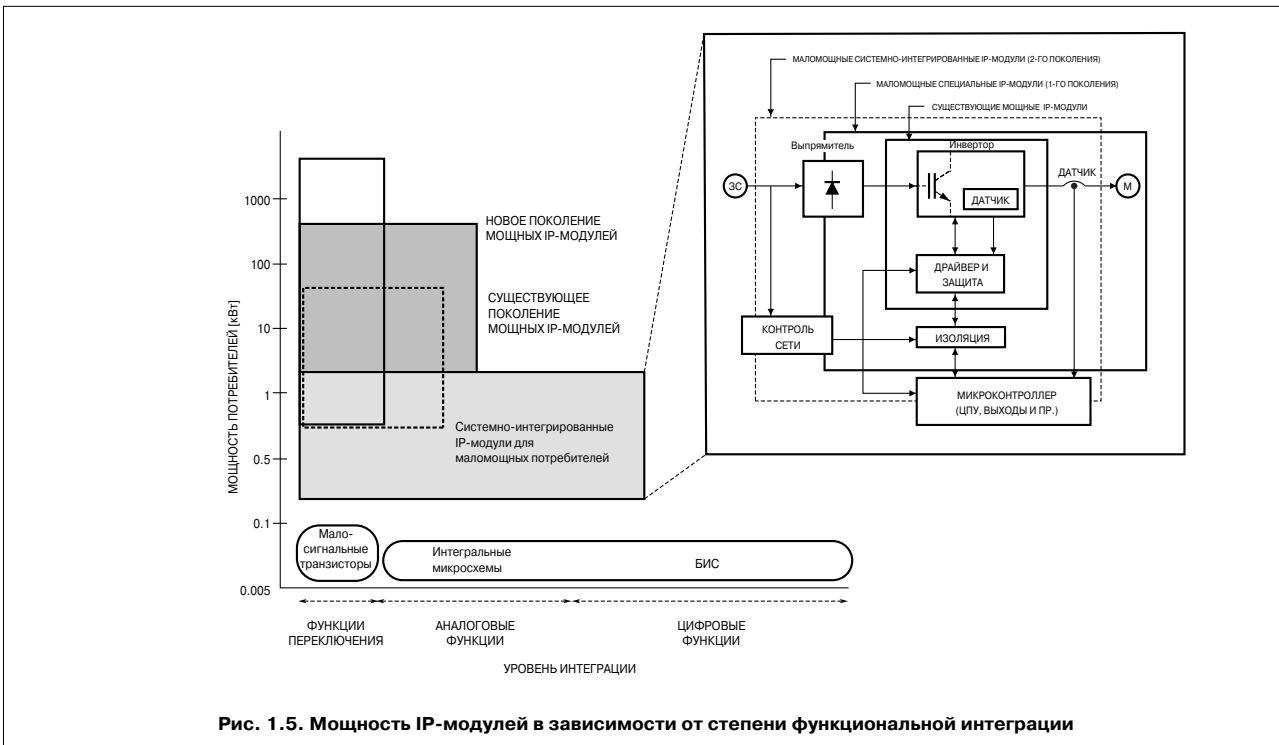


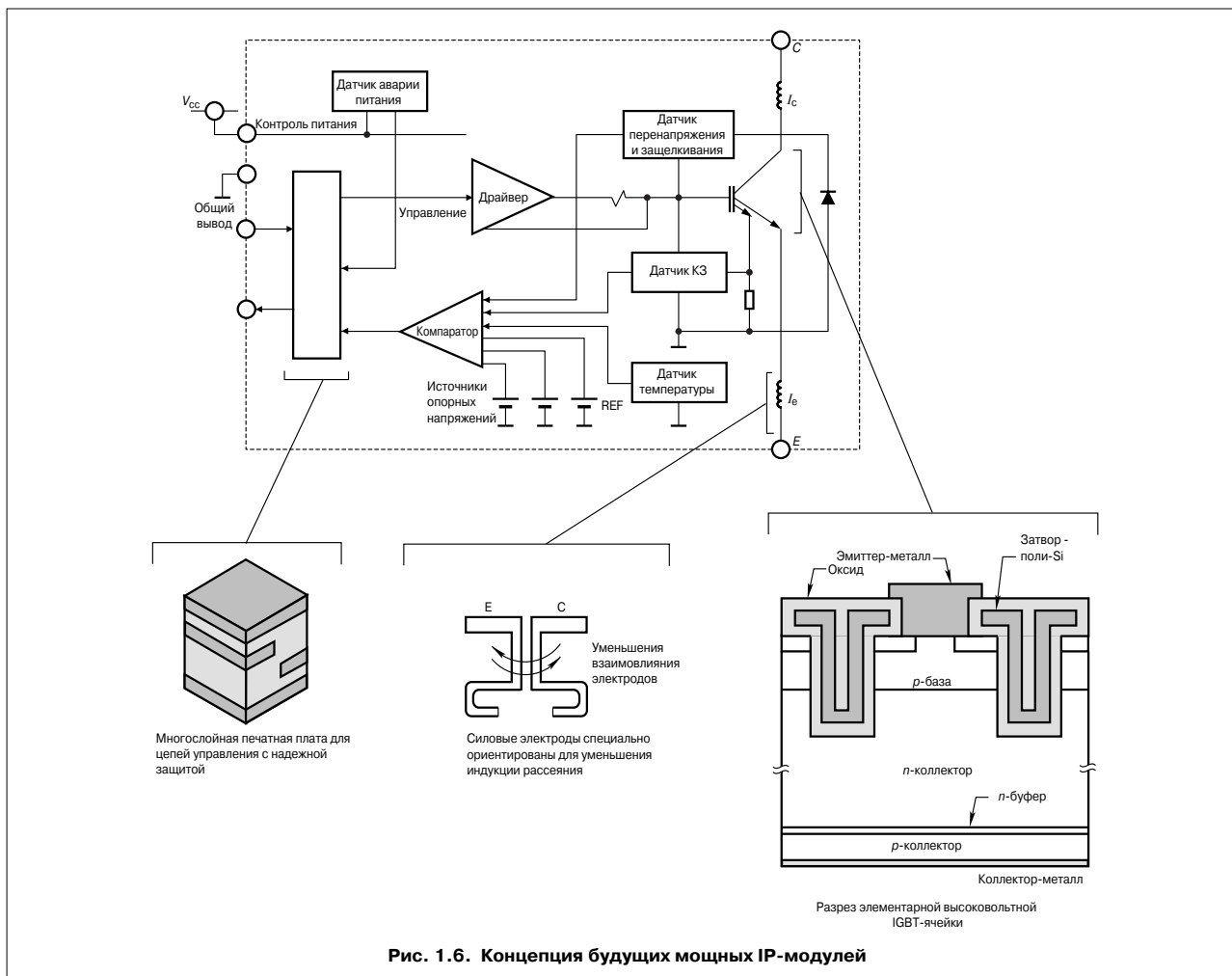
Хотя H-серия находится в дальнейшей разработке и является наиболее предпочтительным выбором среди IGBT-модулей, технология поверхностной диффузии, применяемая в этих приборах близка, к своему пределу. Новая технология («trench»), в которой МОП-транзистор формируется на стенке глубокой и узкой канавки, открывает новые горизонты развития IGBT-модулей. На **Рис. 1.4** показано сравнение выходных характеристик IGBT-модулей различных технологий. Как видно из графика, выходная характеристика



«trench» IGBT приближается к диодной, что даст в будущем значительное уменьшение потерь во включенном состоянии и, соответственно, новые возможности по миниатюризации силовых устройств. Некоторые низковольтные IGBT-модули (250 В), использующие новую «trench»-технологии, представлены в каталогах «Mitsubishi Electric». Эти модули имеют напряжение насыщения порядка 1.2 В.

Как ожидается, в ближайшем будущем интеллектуальные силовые модули (IPM) будут развиваться экстенсивно, покрывая все больше областей применения силовой электроники, как в сторону увеличения мощностей, так и в сторону все большей интеграции различных функций и возможностей. На **Рис. 1.5** схематично показаны пути развития IP-модулей.





**Рис. 1.6. Концепция будущих мощных IP-модулей**

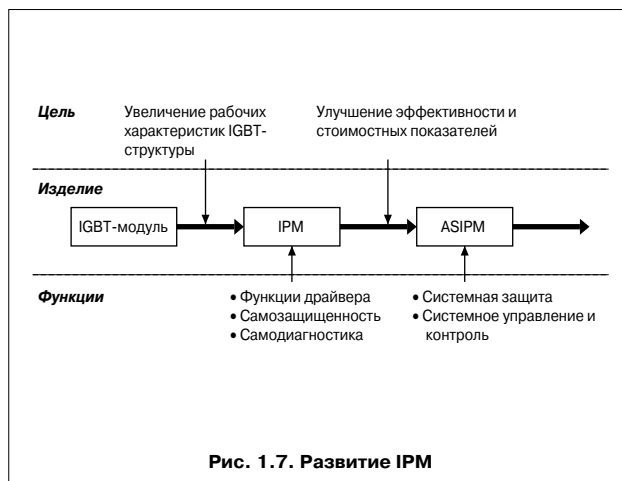
Чтобы обеспечить дальнейшее развитие IP-модулей в направлении улучшения потребительских качеств, необходимо использовать технологию «trench» IGBT, дающую мощный кристалл и управляющую БИС, а также новые технологии обработки, упаковки, системной симуляции, испытаний и соответствующее программное обеспечение. Разработка этих технологий позволит значительно улучшить IP-модули в двух направлениях:

1. В области мощных высокоэффективных применений, где у IP-модулей есть резервы для дальнейшего усовершенствования эксплуатационных показателей интегрированных мощных элементов.
2. В области маломощных многофункциональных устройств, где ожидается значительное увеличение использования преобразователей, вследствие возрастающей потребности в экономии энергии.

В направлении мощных устройств технология IPM будет развиваться экстенсивно, путем совместного использования МОП-ключей (прежде всего, IGBT) и заранее определенной системы управления и защиты. Это позволит достичь оптимальных характеристик от мощных МОП-ключей.

На **Рис. 1.6** показана концепция будущих мощных IP-модулей. Используя новые технологии, разработчики могут применять IP-модули в приложениях, которые в настоящее время обслуживаются устройствами большой мощности, например запираемыми (GTO) тиристорами.

На **Рис. 1.7** показана тенденция развития IPM в направлении увеличения функциональности за счет интеграции.



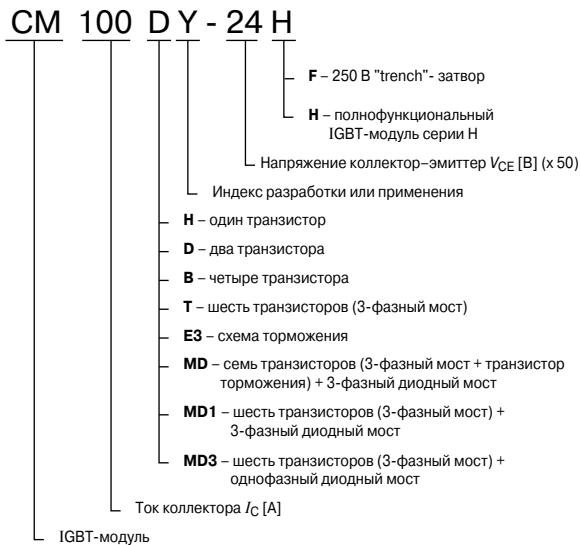
**Рис. 1.7. Развитие IPM**

**ОБОЗНАЧЕНИЕ IGBT-МОДУЛЕЙ**



**Пример:** PM600H8A120 – 600 А, 1200 В, одиночный IPM

**Обозначение IPM**



**Пример:** CM100DY-24H – 100 А, 1200 В, двойной IGBT-модуль

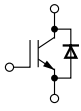
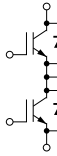
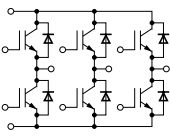
**Обозначение IGBT-модулей**

## СИЛОВЫЕ IGBT-МОДУЛИ

## НАВИГАТОР ПО СИЛОВЫМ IGBT-МОДУЛЯМ

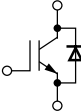
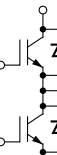
## IGBT-модули серии H

$V_{CE}$  — напряжение коллектор—эмиттер;  
 $I_C$  — ток коллектора.

| Соединения |   | $V_{CE}$ [В] | $I_C$ [А]  |            |            |            |            |             |             |             |             |             |             |             |              |
|------------|---|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| Тип        | Схема   |              | 15         | 20         | 30(25)     | 50         | 75         | 100         | 150         | 200         | 300         | 400         | 600         | 1000        |              |
| H          |  | 600          |            |            |            |            |            |             |             |             | CM300HA-12H | CM400HA-12H | CM600HA-12H |             |              |
|            |   | 1200         |            |            |            |            |            |             |             |             | CM200HA-24H | CM300HA-24H | CM400HA-24H | CM600HA-24H | CM1000HA-24H |
|            |   | 1400         |            |            |            |            |            |             |             |             |             |             | CM400HA-28H | CM600HA-28H | CM1000HA-28H |
| D          |  | 600          |            |            |            | CM50DY-12H | CM75DY-12H | CM100DY-12H | CM150DY-12H | CM200DY-12H | CM300DY-12H | CM400DY-12H |             |             |              |
|            |   | 1200         |            |            |            | CM50DY-24H | CM75DY-24H | CM100DY-24H | CM150DY-24H | CM200DY-24H | CM300DY-24H |             |             |             |              |
|            |   | 1400         |            |            |            | CM50DY-28H | CM75DY-28H | CM100DY-28H |             | CM200DY-28H | CM300DY-28H |             |             |             |              |
| T          |  | 600          | CM15TF-12H | CM20TF-12H | CM30TF-12H | CM50TF-12H | CM75TF-12H | CM100TF-12H | CM150TF-12H |             |             |             |             |             |              |
|            |   | 1200         | CM15TF-24H | CM20TF-24H | CM30TF-24H | CM50TF-24H | CM75TF-24H | CM100TF-24H |             |             |             |             |             |             |              |
|            |   | 1400         |            |            |            | CM50TF-28H | CM75TF-28H | CM100TF-28H |             |             |             |             |             |             |              |

## IGBT-модули серии U (новые разработки)

1–2 транзистора

| Соединения |   | $V_{CE}$ [В] | $I_C$ [А]  |            |             |             |             |             |             |     |             |
|------------|---|--------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----|-------------|
| Тип        | Схема   |              | 50         | 75         | 100         | 150         | 200         | 300         | 400         | 600 |             |
| H          |  | 600          |            |            |             |             |             |             |             |     | CM600HU-12H |
|            |   | 1200         |            |            |             |             |             |             |             |     | CM400HU-24H |
| D          |  | 600          |            | CM75DU-12H | CM100DU-12H | CM150DU-12H | CM200DU-12H | CM300DU-12H | CM400DU-12H |     |             |
|            |   | 1200         | CM50DU-24H | CM75DU-24H | CM100DU-24H | CM150DU-24H | CM200DU-24H | CM300DU-24H |             |     |             |

4–6 транзисторов

| Соединения |       | V <sub>CEs</sub> [В] | I <sub>c</sub> [А] |            |             |             |             |
|------------|-------|----------------------|--------------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| Тип        | Схема |                      | 50                 | 75         | 100         | 150         | 200         |
| B          |       | 600                  |                    | CM75BU-12H | CM100BU-12H |             |             |
| T          |       | 600                  |                    | CM75TU-12H | CM100TU-12H | CM150TU-12H | CM200TU-12H |
|            |       | 1200                 | CM50TU-24H         | CM75TU-24H | CM100TU-24H |             |             |

IGBT-модули серии MDx

| Соединения |       | V <sub>CEs</sub> [В] | I <sub>c</sub> [А] |             |             |             |            |
|------------|-------|----------------------|--------------------|-------------|-------------|-------------|------------|
| Тип        | Схема |                      | 10                 | 15          | 20          | 30(25)      | 50         |
| MD         |       | 600                  | CM10MD-12H         | CM15MD-12H  | CM20MD-12H  | CM30MD-12H  | CM50MD-12H |
|            |       | 1200                 | CM10MD-24H         | CM15MD-24H  |             | CM25MD-24H  |            |
| MD1        |       | 600                  | CM10MD1-12H        | CM15MD1-12H | CM20MD1-12H | CM30MD3-12H |            |
| MD3        |       | 600                  | CM10MD3-12H        | CM15MD3-12H | CM20MD3-12H | CM30MD3-12H |            |

IGBT-модули серии F

| Соединения |       | V <sub>CEs</sub> [В] | I <sub>c</sub> [А] |            |                          |
|------------|-------|----------------------|--------------------|------------|--------------------------|
| Тип        | Схема |                      | 350                | 450        | 600                      |
| H          |       | 250                  |                    | CM450HA-5F | CM600HA-5F<br>CM600HN-5F |
| D          |       | 250                  | CM350DU-5F*        |            |                          |

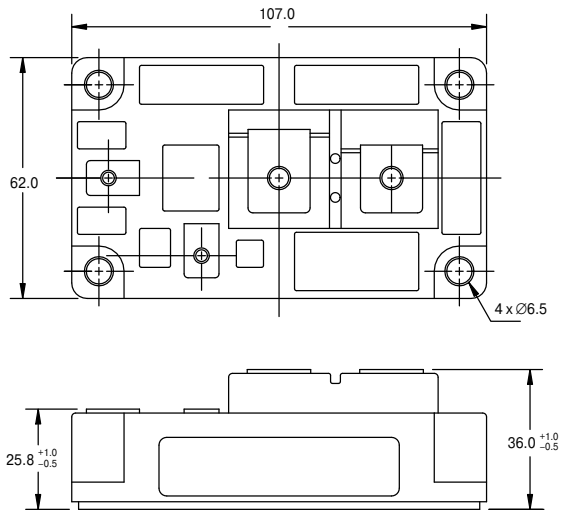
IGBT-модули для системы торможения

| Соединения |       | V <sub>CEs</sub> [В] | I <sub>c</sub> [А] |                 |                  |                  |                  |                  |
|------------|-------|----------------------|--------------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Тип        | Схема |                      | 50                 | 75              | 100              | 150              | 200              | 300              |
| E3         |       | 600                  |                    | CM75E3<br>U-12H | CM100E<br>3U-12H | CM150E<br>3U-12H | CM200E<br>3U-12H | CM300E<br>3U-12H |
|            |       | 1200                 | CM50E3<br>U-24H    | CM75E3<br>U-24H | CM100E<br>3U-24H | CM150E<br>3U-24H | CM150E<br>3U-24H |                  |

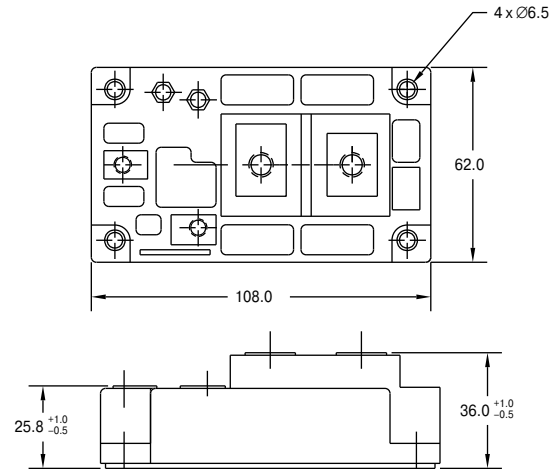
\* новый прибор.

## КОРПУСА IGBT-МОДУЛЕЙ

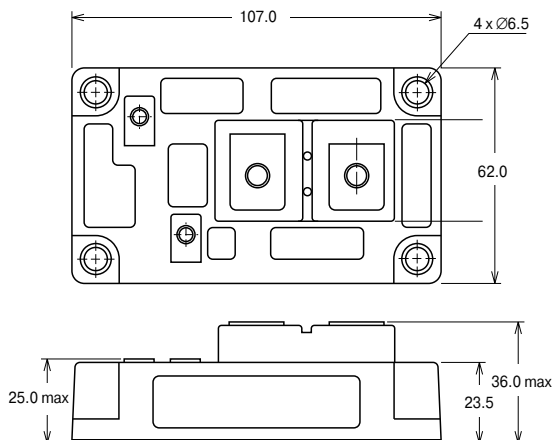
CM400HA-24H, -28H



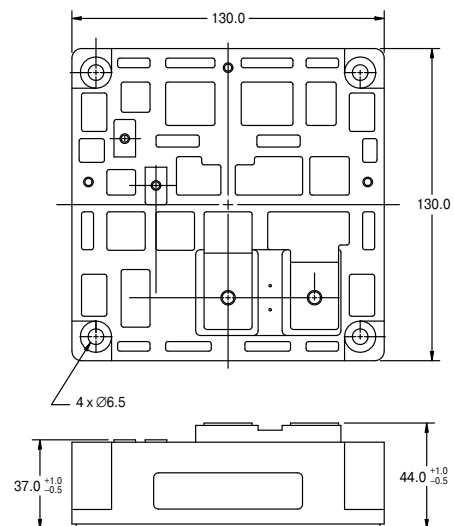
CM600HA-5F, CM600HN-5F



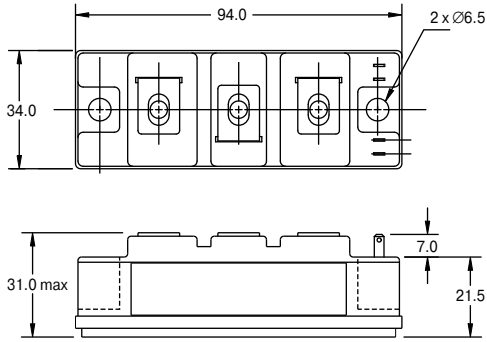
CM200HA-24H, CM300HA-12H, -24H, -28H, CM400HA-12H



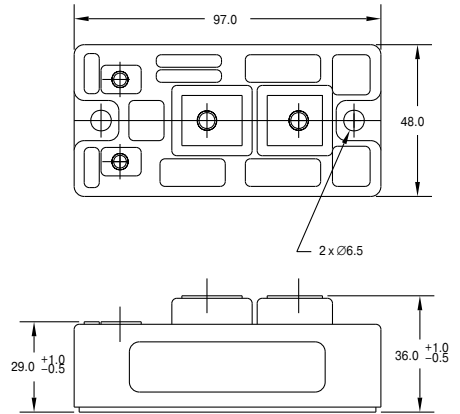
CM800HA-24H, -28H, CM1000HA-24H, -28H



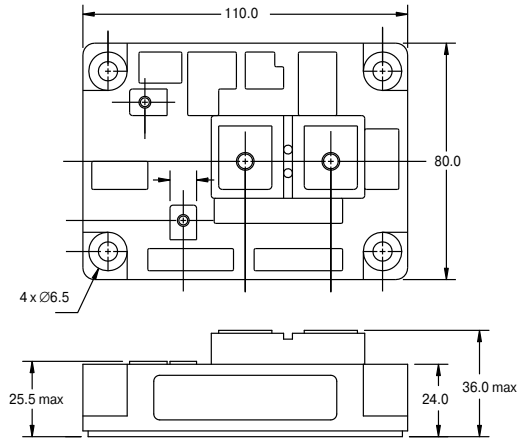
**CM50DU-12H, -24H, -28H,  
CM75DU-12H, -24H, -28H, CM100DU-12H**



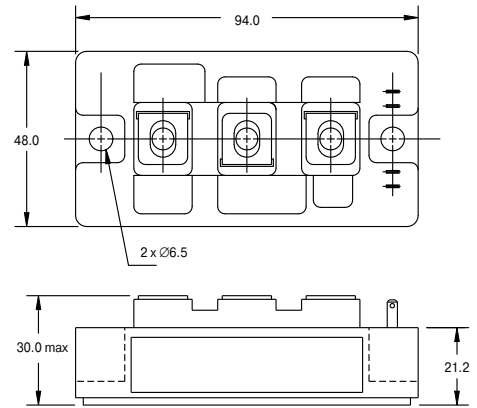
**CM450HA-5F**



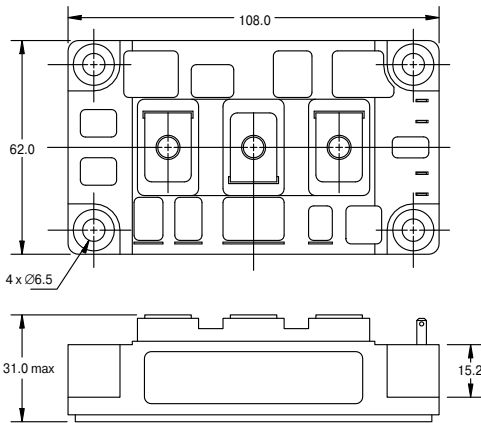
**CM600HA-12H, -24H, -28H**



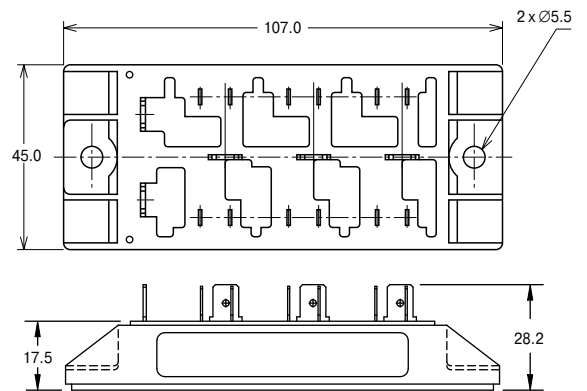
**CM100DU-24H, -28H, CM150DU-12H, -24H, -28H,  
CM200DU-12H, CM300DU-12H**



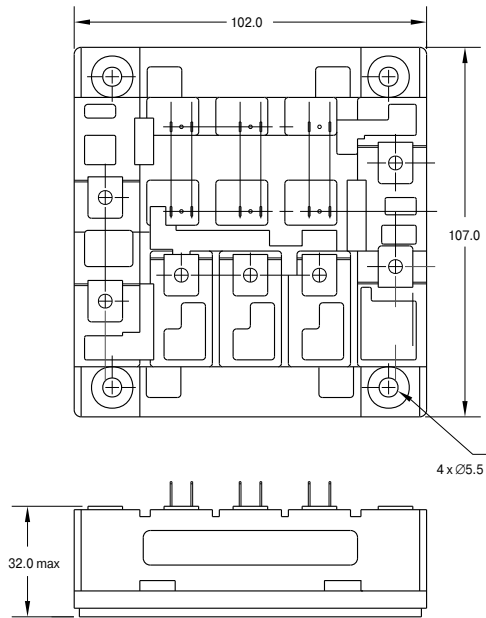
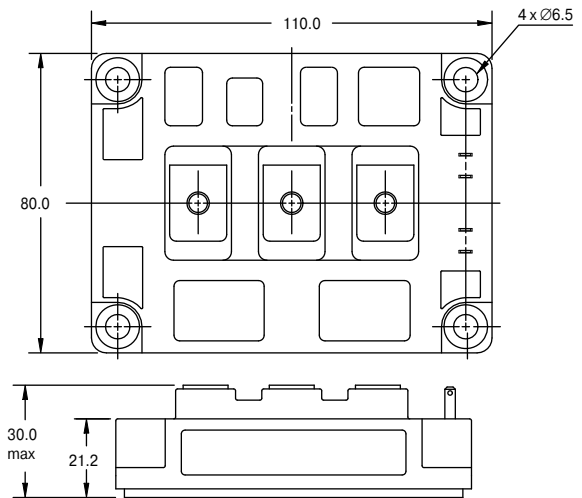
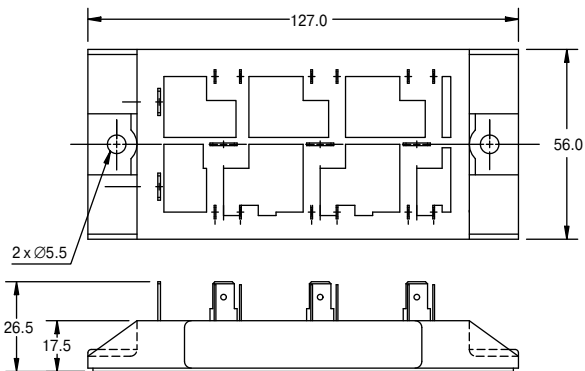
**CM200DU-24H, -28H, CM400DU-12H**



**CM15TF-24H, CM20TF-24H, CM30TF-12H**





**CM100TF-24H, -28H, CM150TF-12H****CM300DU-24H, -28H****CM30TF-24H, CM50TF-12H****CM10MD-12H, -24H, CM15MD-12H, CM20MD-12H,  
CM10MD1-12H, CM10MD3-12H, CM15MD1-12H,  
CM15MD3-12H, CM20MD1-12H, CM20MD3-12H**