

EconoPACK 4 —

НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ НАДЕЖНЫХ СИЛОВЫХ МОДУЛЕЙ

Надежность и энергетическая эффективность — вот два главных требования к современным инверторам. Отличительные характеристики новой серии модулей “Infineon” EconoPACK 4 — прочная конструкция и новая энергетически эффективная технология IGBT4 с обратными диодами 4-го поколения.

**Вильгельм Руше
(Wilhelm Rusche)**

**Перевод:
Алексей Семенович**

tc@symmetron.ru

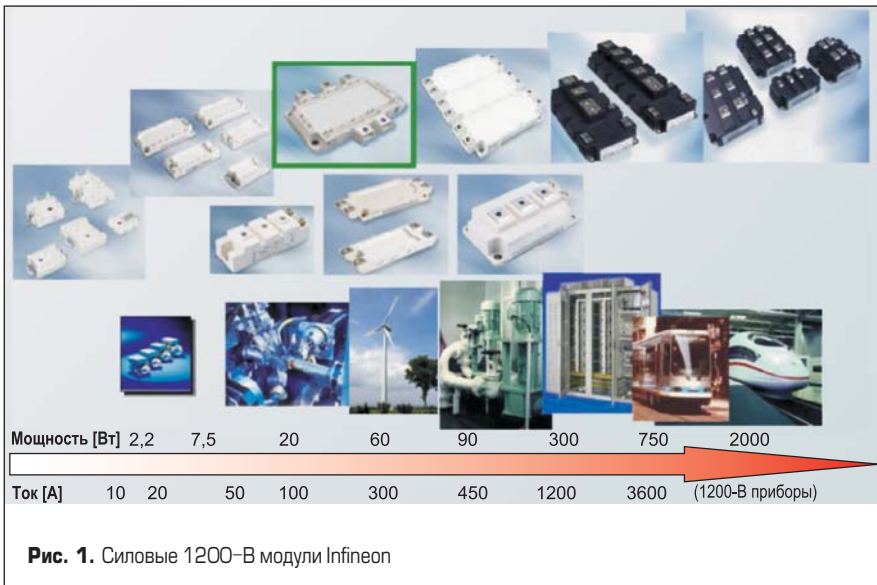
Силовая электроника, использующая новейшие полупроводниковые технологии, находит все более широкое применение в различных областях промышленности и народного хозяйства. Например, полупроводниковые устройства используются для получения энергии от возобновляемых источников. На их основе производятся более совершенные системы автоматизации.

Благодаря достижениям силовой электроники они становятся более эффективными, бесшумными, легкими и компактными. К силовым модулям, используемым в таких системах, предъявляются повышенные требования — высокая надежность, прочность и увеличение срока эксплуатации.

Прочность и надежность в условиях вибрации все чаще играют важную роль не только для тяговых, но и для стандартных промышленных приводов. При разработке новой продукции проектировщики силовых модулей должны обязательно учитывать такое ужесточение требований.

В начале 2000 г. устройством EconoPACK был установлен новый стандарт для систем мощностью свыше 75 кВт, что позволило инженерам-проектировщикам создавать компактные инверторы (рис. 1).

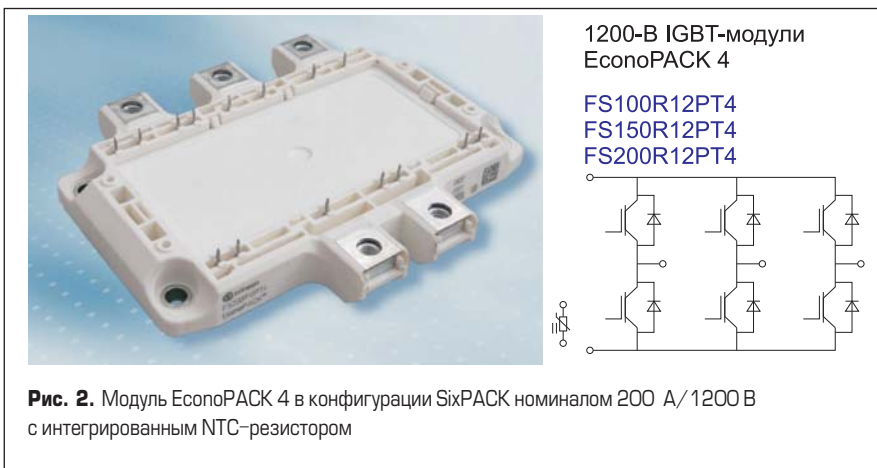
Учитывая успех модулей серии Econo, а также более жесткие требования, которые стали предъявляться к таким системам, компания Infineon разработала новый силовой модуль EconoPACK 4 с номинальной мощностью от 22 до 75 кВт (рис. 2).



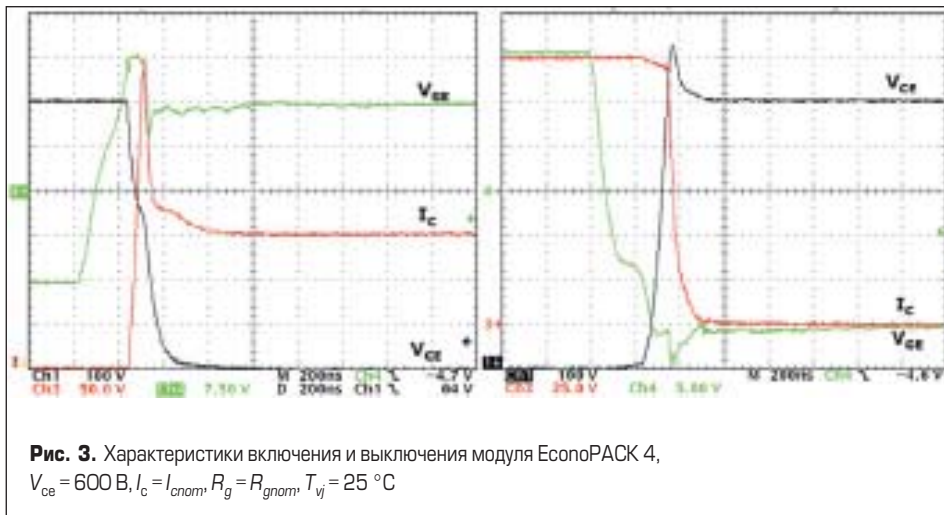
EconoPACK 4 — новый стандарт корпусирования

EconoPACK 4 представляет собой модуль из шести IGBT с NTC-резистором для измерения температуры. Его конструкция, основанная на широко известном принципе корпусирования Econo, характеризуется плоской геометрией. Из-за более высокой по сравнению с модулями EconoPACK и EconoPIM номинальной мощностью, в качестве основных здесь применяются винтовые выводы. Так же как и в устройствах Infineon EconoPACK+, в этих силовых выводах реализована так называемая «проточная» концепция (flow through). На одной стороне модуля имеются винтовые выводы для подключения к источнику постоянного тока, а на противоположной — винтовые выводы для подключения к выходной цепи переменного тока.

Высота модуля (17 мм) позволяет значительно сократить занимаемый объем, при этом процедура его монтажа остается очень простой. В результате



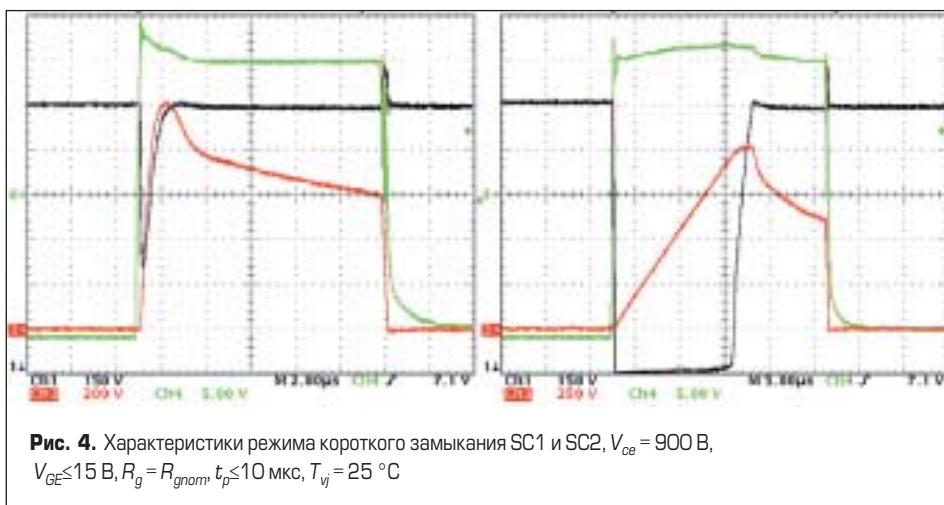
Модуль Infineon IGBT4-T4 с обратным диодом 4-го поколения



Кристаллы (чипы) IGBT4-T4, используемые в модуле EconoPACK 4, благодаря высокой скорости переключения обеспечивают снижение коммутационных потерь на 20% по сравнению с IGBT3-T3 предыдущего (третьего) поколения. Это позволяет повысить КПД силовых модулей.

Снижение потерь — это не единственная задача. Важное значение имеют также дополнительные коммутационные характеристики самого модуля. Для этого были оптимизированы различные поколения и версии транзисторов IGBT. Чипы IGBT4-T4 и IGBT4-E4 имеют более мягкие коммутационные характеристики, чем предыдущие IGBT3-T3 и IGBT3-E3, кроме того, конструктивно чипы версии E имеют более мягкую коммутацию, чем T. Благодаря ультразвуковой сварке и использованию «in-frame-bus bar», модуль имеет значительно более низкую паразитную индуктивность, что очень важно для реализации в полном объеме преимуществ транзисторов IGBT4-T4.

Мягкость и, соответственно, скорость коммутации транзистора IGBT зависят также от температуры полупроводникового перехода. Повышение температуры p-n-перехода означает повышение мягкости переключения IGBT. Хорошая мягкость должна достигаться уже при низких температурах, например при 25 °C. Типичное поведение 150-А модуля EconoPACK 4 IGBT при $T_{vjop} = 25\text{ °C}$ при включении и выключении показано на рис. 3.



Новое поколение устройств будет не менее надежно, чем его именитый предшественник — IGBT3. IGBT4-T4 выдерживает короткое замыкание, что продемонстрировано на рис. 4 для модуля FS150R12PT4.

Технология IGBT4 позволяет поднять максимальную рабочую температуру кристалла на 25 °C — до $T_{vjop} = 150\text{ °C}$ (рабочая температура для систем предыдущего поколения была 125 °C). Повышение рабочей температуры дало возможность увеличить выходную мощность за счет использования более широкого диапазона температур при неизменных условиях охлаждения. Дополнительная оптимизация установки кристалла и технологии контактов позволила повысить устойчивость к энергоциклам включения/выключения (рис. 5).

Силовые полупроводниковые приборы нового поколения были оптимизированы с целью улучшения их характеристик и увеличения выходной мощности инвертора за счет повышения рабочей температуры $T_{vjop} = 150\text{ °C}$. Первые представители семейства IGBT EconoPACK 4 — модули с напряжением 1200 В и номинальными токами 100, 150 и 200 А. Во всех 1200-В модулях EconoPACK 4 используются преимущества новой полупроводниковой технологии IGBT4-T4 и обратных диодов 4-го поколения.

Следующим шагом в повышении уровня интеграции EconoPACK 4 стала разработка модуля MPAQ serve. Таким образом к преи-

получается относительно плоский инвертор. Драйвер затвора размещается сверху модуля, что позволяет оптимизировать его подключение. Инновационная конструкция обеспечивает дальнейшее снижение стоимости инверторной системы за счет использования надежного, не требующего пайки прижимного контакта по PressFIT-технологии для подключения устройства

управления (драйвера). В процессе монтажа управляющие выводы запрессовываются в плату драйвера с определенным усилием, при этом создается газонепроницаемое соединение. Кроме того, контакты PressFIT в случае необходимости допускают пайку. Силовые и вспомогательные выводы внутри модуля соединяются с DCB методом ультразвуковой сварки металлов.

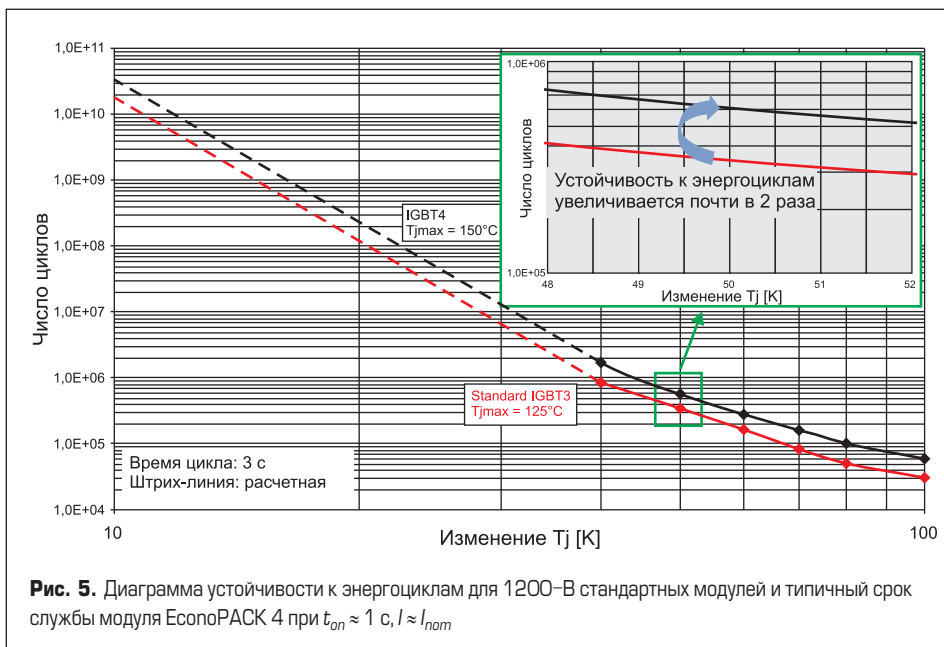


Рис. 5. Диаграмма устойчивости к энергоциклам для 1200-В стандартных модулей и типичный срок службы модуля EconoPACK 4 при $t_{on} \approx 1\text{ с}$, $I \approx I_{nom}$

мощностям EsonoPACK 4 добавился адаптированный и оптимизированный гальванически изолированный электронный драйвер в верхней части модуля.

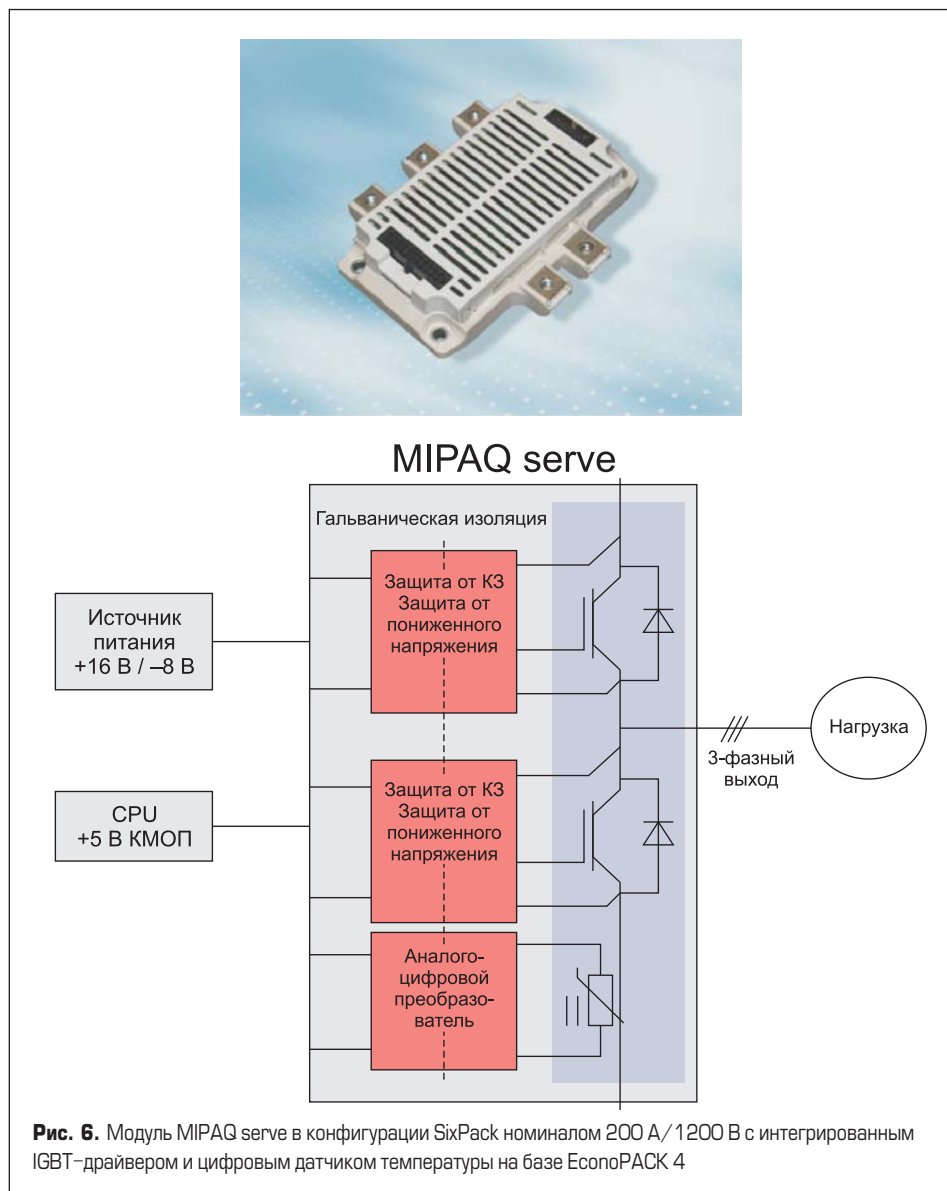
Модуль MIPAQ serve

MIPAQ serve, разработанный на базе EsonoPACK 4, представляет собой полупроводниковый модуль в конфигурации SixPACK с дополнительно интегрированным драйвером и управляющей электроникой. В данный модуль включены драйверы для транзисторов IGBT и температурный датчик с цифровым выходным сигналом (рис. 6).

Повышение надежности модуля обусловлено не только механическими усовершенствованиями, но и дополнительными функциями:

- Функция обнаружения низкого напряжения защищает модуль в тех случаях, когда напряжение источника питания становится недопустимо низким.
- Мониторинг напряжения насыщения V_{CEsat} IGBT гарантирует эффективную защиту от короткого замыкания.
- Точная регистрация температуры позволяет определять статический тепловой режим.
- Сигналы об ошибках для драйверов верхнего и нижнего плеча информируют о функционировании компонентов драйвера.
- Технология PressFIT обеспечивает простой и надежный способ подключения драйверов к модулю.

Для обеспечения максимально возможной надежности, помимо реализации вышеперечисленных электронных функций, был проведен тщательный отбор компонентов модуля. По этой причине пришлось, например, отказаться от оптоэлектронных компонентов. Плотное расположение драйверов и силовых электронных компонентов и результирующее тепловыделение могут привести к сокращению срока службы оптронов. В долгосрочной перспективе это способно отрицательно сказаться на надежности. Вместо оптической в драйвере EiceDriver (1ED020I12-F) использована гальванически изолированная развязка на базе технологии Infineon CLT (Coreless



Transformer Technology — технология трансформаторов без сердечника).

В новых устройствах, таких как EsonoPACK 4 и MIPAQ serve, используются передовые решения: контакты PressFIT, ультразвуковая сварка и новейшая полупроводниковая технология IGBT. Все эти

системы спроектированы с учетом развития силовой электроники. Семейство продукции EsonoPACK 4 в будущем пополнит полупроводимый входной выпрямитель EsonoBRIDGE 4, а также 600В и 1700В IGBT-модули с конфигурацией SixPACK