

«Ответ» на вызовы прогресса

Непрерывный прогресс в области рабочих характеристик силовых полупроводниковых компонентов порождает потребность в соответствующем усовершенствовании технологий корпусирования. Компания Infineon вот уже более двух десятилетий вносит свой вклад в эту эволюцию. Благодаря анонсированному в 2014 г. «Ответу» (The Answer) разработчики теперь могут удовлетворить самые строгие требования к преобразователям электроэнергии. В данной статье рассказывается о создании новой гибкой платформы высокой мощности и демонстрируются преимущества подхода, используемого компанией Infineon на различных этапах — от замысла продукции до глубинного анализа работы системы.

Томас Шютце
(Thomas Schütze)

Георг Боргхофф
(Georg Borghoff)

Матиас Виссен
(Matthias Wissen)

Александр Хен
(Alexander Höhn)

Историческая справка

Компания Infineon уже давно задает международные стандарты для модулей IGBT. В 1993 г. на рынок был выпущен первый IGBT-модуль высокой мощности (IHM) с блокирующим напряжением до 1,7 кВ. Следующим достижением стала разработка семейства модулей IHV на напряжение до 3,3 кВ, а с появлением 6,5-кВ чипов — выпуск корпуса IHV на 6,5 кВ (1999 г.). В 2006 г. на рынок вышли гибкие модули в корпусе PrimePACK на напряжение 1,2 и 1,7 кВ с высоким номинальным током в сдвоенной конфигурации.

Все разработки были доступны для лицензирования другим поставщикам, что обеспечило данным семействам продукции высокой мощности впечатляющий успех на рынке. То же самое можно сказать и о модулях малой и средней мощности, таких как Easy, Smart, Econo и EconoPACK+. На протяжении нескольких поколений полупроводниковой технологии дизайн, изначально разработанный компанией Infineon и лицензированный множеством по-

ставщиков, нашел свое применение в бесчисленных приложениях, широко распространенных по всему миру.

«Системное мышление» — одна из важнейших движущих сил исследований Infineon в области инновационных технологий, которые обеспечивают максимальные преимущества заказчикам. С учетом требований новых приложений необходимо совершенствование силовых модулей по четырем основным направлениям: плотность мощности, эффективность, длительный срок службы и надежность. Все более важной становится гибкость для удовлетворения потребности в «индивидуальных» решениях для некоторых отраслей. Кроме того, постоянное улучшение характеристик силовых чипов и предполагаемое внедрение новых технологий означают, что популярные сегодня модули в конечном счете перестанут отвечать требованиям рынка. Новые технологии корпусирования и соответствующие изменения форм-фактора позволят удовлетворить новым требованиям и помогут конечным пользователям контролировать стоимость систем.

Компания Infineon обсудила планы выпуска своих модулей высокой мощности на европейской конференции по силовой электронике PCIM 2014. Впоследствии были анонсированы планы предоставления лицензий без уплаты роялти для новых корпусов и график выхода двух первых платформ (рис. 1). Сегодня компания представляет более глубокий взгляд на будущее гибких модулей высокой мощности.

Область применения

Новый корпус для IGBT-модулей высокой мощности призван охватить весь диапазон напряжений IGBT: 1,2–6,5 кВ (рис. 2). Основной областью применения нового корпуса, как ожидается, станут промышленные и тяговые приводы, системы, использующие возобновляемые источники энергии, устройства для передачи мощности. Одной из клю-

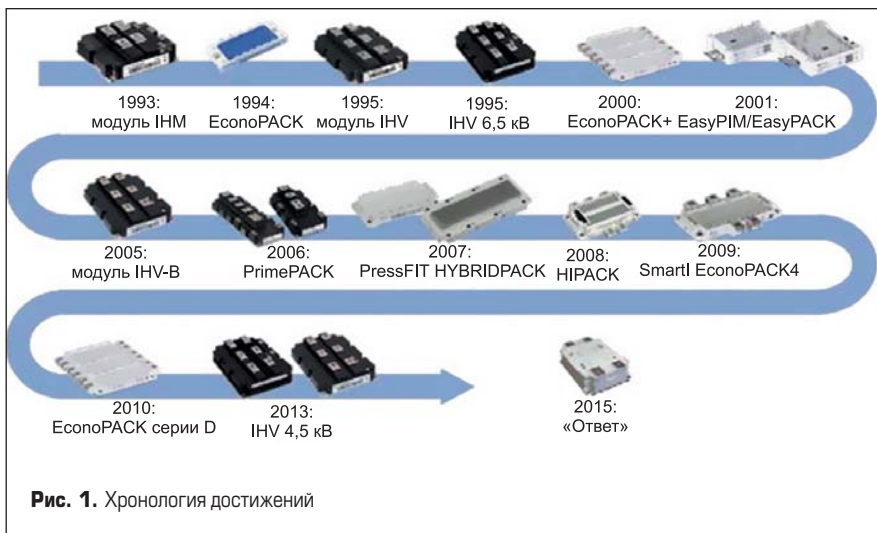


Рис. 1. Хронология достижений

чевых инноваций стала масштабируемость корпуса, которая значительно упрощает проектирование и производство систем. Кроме того, благодаря надежной архитектуре новая платформа высокой мощности обеспечит длительный срок службы в жестких условиях эксплуатации.

Основной акцент при разработке новой платформы делался на достижении гибкости, надежности и простоты интеграции в системы заказчика. Для достижения этой цели было необходимо следующее:

- модульный подход, широкая масштабируемость и высокая плотность тока;
- полумостовая конфигурация схемы ключа, позволившая создать первые полумостовые модули на 4,5 и 6,5 кВ;
- напряжение 1,2–3,3 кВ в низковольтном (LV) корпусе, 3,3–6,5 кВ в высоковольтном (HV) корпусе, оптимизация каждого типа корпуса для конкретных потребностей соответствующего диапазона напряжений;
- конструкция, обеспечивающая минимальную индуктивность паразитных контуров внутренних соединений и низкую индуктивность внешних соединений;
- ультразвуковая сварка, обеспечивающая наивысшую надежность и качество соединений;
- новые полупроводниковые технологии и технология соединений, которые впервые будут реализованы в модулях на 1,2 и 1,7 кВ (рис. 3).

Разработка

Планируется создать два корпуса разной высоты. Низковольтный корпус с изоляцией 6 кВ и соответствующими зазорами предназначен для модулей на напряжение 1,2–3,3 кВ. Два дополнительных вывода переменного тока позволят достичь более высоких токов в этих классах по напряжению. Высоковольтный корпус для модулей на 3,3, 4,5 и 6,5 кВ обеспечит изоляцию до 10,4 кВ и соответствующую ширину зазоров.

Размеры модуля выбраны так, чтобы его посадочное место было близким к размерам используемых в настоящее время модулей IHV-A и IHV-B. Благодаря неизменной глубине (140 мм) можно использовать штампованный теплоотвод с аналогичным профилем. Четыре модуля с посадочным местом 140×100 мм, монтируемые без зазора благодаря специальной защелке, уместятся точно в то же пространство, которое сегодня используется двумя модулями IHV размером 140×190 мм для реализации плеча одной фазы. Полученная в этой конфигурации плотность тока на четырех подключаемых параллельно приборах на 17% больше, чем при использовании на той же площади двух модулей IHV с аналогичными по технологии кристаллами (рис. 4, 5).

IGBT MODULES

Данный пример демонстрирует, как модульный подход, использованный в этих корпусах, значительно повышает гибкость

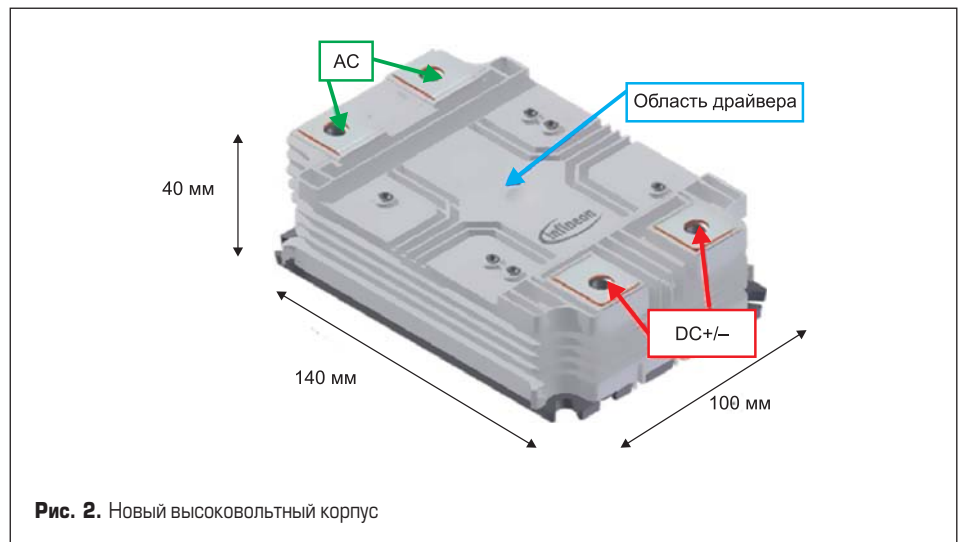


Рис. 2. Новый высоковольтный корпус

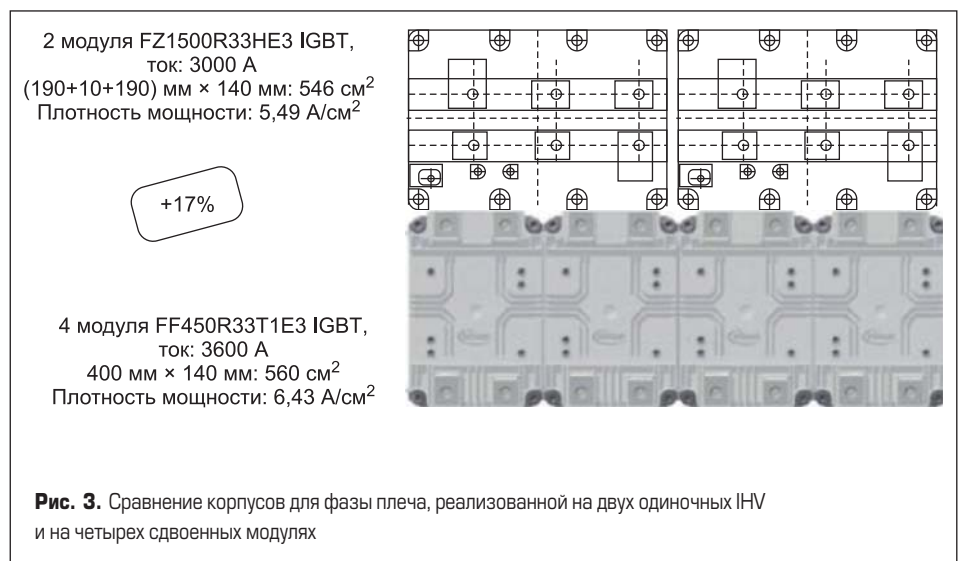


Рис. 3. Сравнение корпусов для фазы плеча, реализованной на двух одиночных IHV и на четырех сдвоенных модулях

в сравнении с имеющейся продукцией. Такая концепция позволяет легко соединять модули в параллель для реализации разных по мощности устройств; один модуль просто является компоновочным блоком для устройств с более высокими номинальными токами. Параллельное подключение до четырех устройств не требует снижения нагрузки по току для каждого модуля благодаря превосходному внутреннему и внешнему распределению тока (таблица).

Кроме того, расположение силовых выводов новой гибкой платформы Infineon позволяет реализовать концепцию Flow Through. Обеспечивается простое подключение конден-

саторной батареи, и выводы переменного тока могут быть соединены в параллель одиночной шиной. Промежуточное пространство между силовыми контактами можно использовать для установки платы драйвера или усилительных каскадов (буферов).

Таблица. Параметры приборы

Класс по напряжению, кВ	3,3	4,5	6,5
Технология	IGBT 3	RCDC	RCDC
Номинальный ток, А	2×450	2×400	2×275

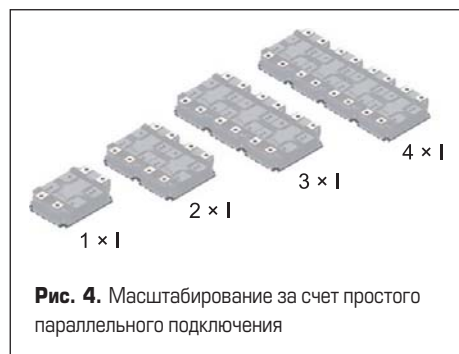


Рис. 4. Масштабирование за счет простого параллельного подключения

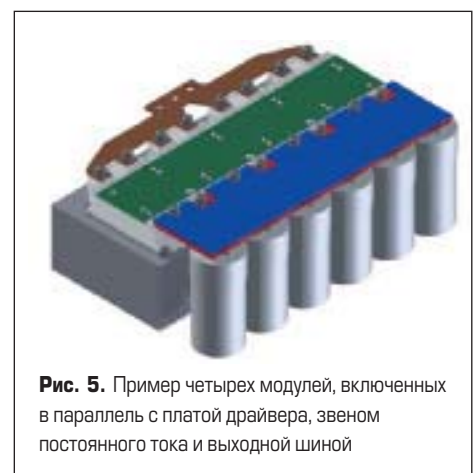


Рис. 5. Пример четырех модулей, включенных в параллель с платой драйвера, звеном постоянного тока и выходной шиной

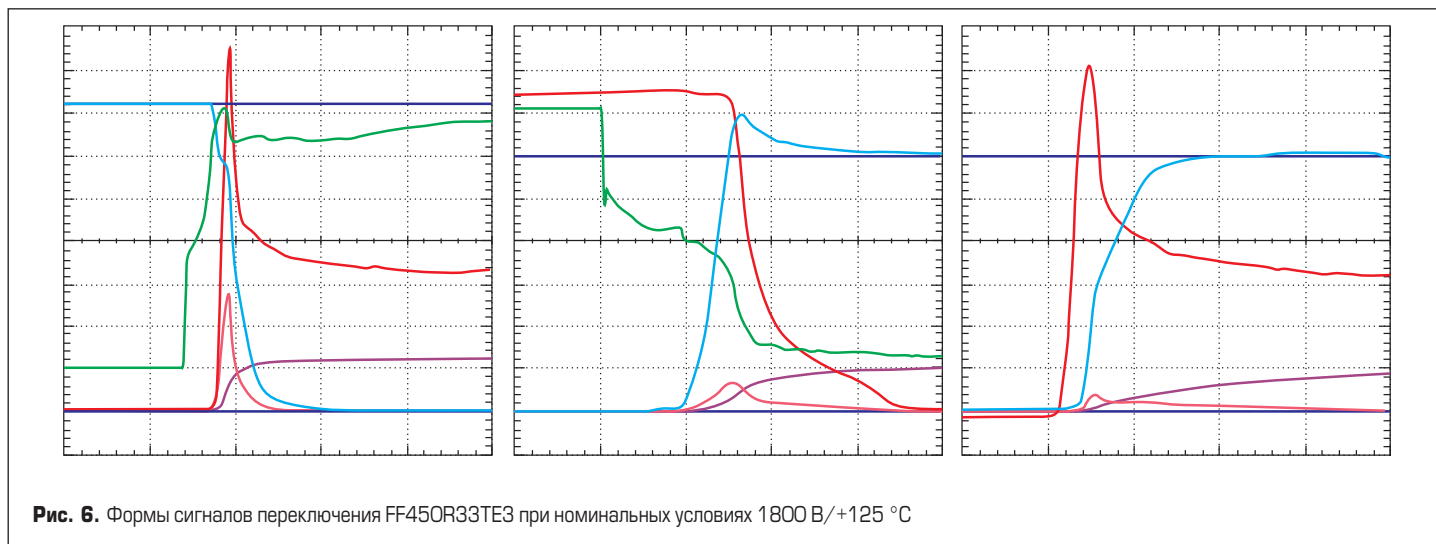


Рис. 6. Формы сигналов переключения FF450R33TE3 при номинальных условиях 1800 В/+125 °С

Благодаря низкому (менее 25 нГн) значению коммутационной индуктивности между верхним и нижним ключом высоковольтного модуля, а также простой реализации конструкции шин новая платформа обеспечивает непревзойденно малую индуктивность общего коммутационного контура.

Ассортимент продукции новой высоковольтной платформы

Концепция гибкого параллельного соединения позволяет разработчику системы заменить множество различных корпусов на установленные в ряд универсальные приборы. Например, линейку поставляемых сегодня высоковольтных модулей одиночных

или двоянных ключей площадью 73×140, 130×140 и 140×190 мм можно заменить одним прибором того же класса по напряжению, используемым в параллельных конфигурациях. На рис. 6 представлены формы сигналов переключения прибора FF450R33TE3 при включении, выключении и восстановлении.

Заключение

Компания Infineon, опираясь на свое более чем двадцатилетнее лидерство, в очередной раз готова предложить стандартную платформу для реализации высоковольтных силовых систем. Разработанный «Ответ» на проблемы, с которыми сталкиваются заказчики из раз-

личных отраслей промышленности, предоставит фундаментальные преимущества — поддержку современных и будущих новых технологий. Пользователи получат:

- масштабируемый набор продукции на базе единой платформы для низковольтных и высоковольтных приложений с гибкими размерами посадочного места, позволяющий снизить стоимость конечной системы и эксплуатационные затраты;
- поддержку новейших полупроводниковых технологий, таких как RCDC, для наивысшей плотности мощности;
- возможность использования новейших технологий соединения, которые обеспечивают максимальную надежность и длительный срок службы.