

# Мощные IGBT-модули Duplex

для диапазона напряжений 3,3–6,5 кВ

Динамически меняющийся рынок силовой электроники демонстрирует все возрастающую потребность в эффективных, надежных и энергоемких системах, предназначенных для самых различных отраслей промышленности. Спрос на такие системы побуждает разработчиков и конструкторов максимально быстро внедрять новые технологии преобразователей энергии и управляемых приводов, выполненных на основе IGBT-модулей. Компания Duplex, не оставшись в стороне от мировой тенденции, отреагировала на это требование, представив новое поколение мощных IGBT-модулей, охватывающих диапазон напряжений 3,3–6,5 кВ, которые, несомненно, найдут применение в самом широком спектре приложений в различных областях индустрии.

Шива Уппулури  
(Siva Uppuluri)

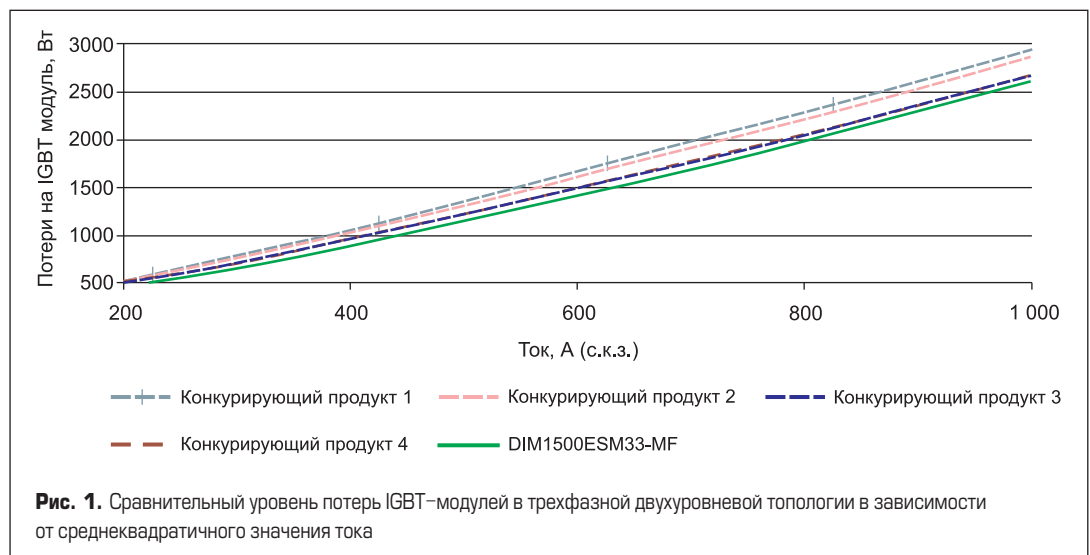
Перевод:  
Владимир Рентюк

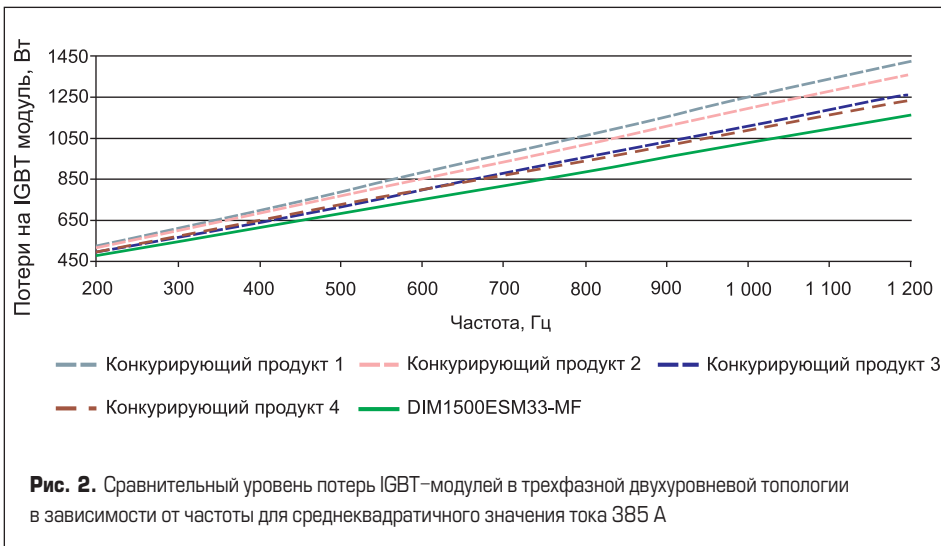
## Эффективные системы

Ключом к созданию целевых спецификаций IGBT-транзисторов (Insulated-Gate Bipolar Transistor — биполярный транзистор с изолированным затвором) и модулей на их основе является точное понимание условий функционирования конечного приложения, поэтому в компании Duplex именно оптимизация на уровне системы занимает центральное место в процессе проектирования IGBT-модулей. Более подробную информацию можно найти в [1]. Такой целенаправленный подход к работе позво-

лил предложить клиентам компании IGBT-модули следующего поколения, обеспечивающие лидирующую в своем классе эффективность на системном уровне.

Моделирование, выполненное в типичных условиях работы при напряжении 3,3 кВ и токе до 1500 А, подтверждает высокую производительность IGBT-модулей компании Duplex (рис. 1–3). Аналогичных результатов специалистам компании удалось достичь и при создании IGBT-модулей, рассчитанных на рабочее напряжение 4,5 и 6,5 кВ.





**Рис. 2.** Сравнительный уровень потерь IGBT-модулей в трехфазной двухуровневой топологии в зависимости от частоты для среднеквадратичного значения тока 385 А

**Надежные системы**

Ключевыми параметрами надежности IGBT-модуля являются:

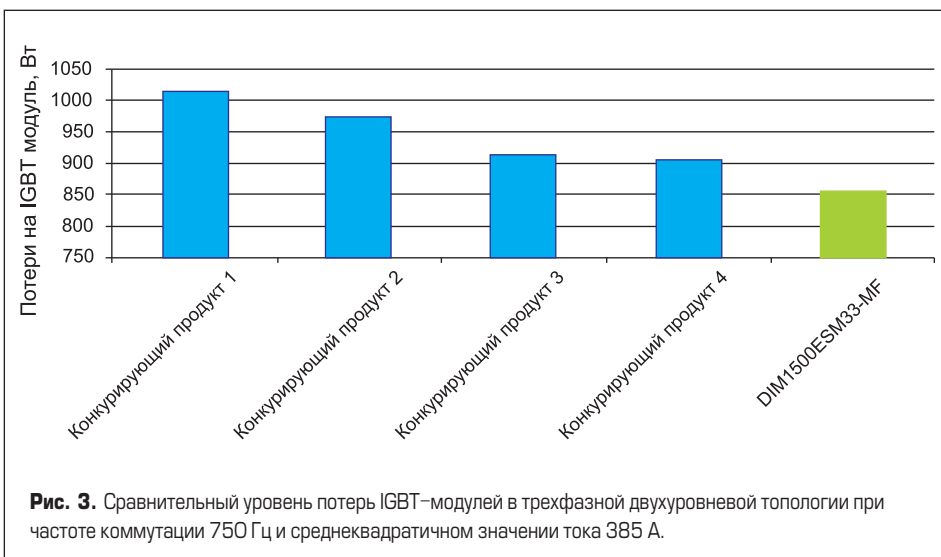
1. Максимально допустимая рабочая температура полупроводникового перехода.
2. Область безопасной работы (SOA — Safe-Operating-Area) IGBT.
3. Безопасная рабочая область с обратным смещением антипараллельного диода (RBSOA — Reverse Biased Safe-Operating-Area, область безопасной работы при выключении).
4. Способность выдерживать высокоскоростные переходные процессы напряжения и тока —  $dV/dt$  и  $di/dt$  соответственно.

Однако если информация, касающаяся пунктов 1–3, вполне доступна в табличных данных, приводимых в спецификациях всех производителей, то столь важная характеристика, как  $di/dt$ , указывается косвенно, как некое рекомендуемое значение, при этом обычно данные измерения характеристики переключения приводятся в качестве типовых.

В чем здесь проблема? Известно, что во время переключения IGBT-транзисторов, предусмотренных в полумостовой топологии, более быстрое время включения и вы-

ключения приводит (за счет уменьшения времени нахождения ключа в активном режиме) к меньшим коммутационным потерям (потерям на переключение). Но тут есть определенный компромисс: более быстрое время включения и выключения вызывает резкие перепады протекания тока через IGBT-транзистор, то есть появляется высокое значение  $di/dt$ , что в сочетании с индуктивностью линий подключения и паразитной индуктивностью подключения кристаллов в самих модулях приведет к высокоскоростным переходным процессам и, соответственно, к более высокому значению  $dV/dt$ . Эти переходные процессы оказывают отрицательное влияние на IGBT-модули, а в некоторых крайних случаях при превышении блокирующего напряжения вызывают и мгновенный отказ преобразователя.

Часто проблемы, связанные с  $di/dt$ , приводят к неравномерному распределению тока в антипараллельных диодах. Хорошо понимая эту проблему, разработчики компании Dynex внесли значительные улучшения в равномерность распределения тока в антипараллельных диодах своих новых модулей. Таким образом, с IGBT-модулями нового поколения, выполненными на осно-



**Рис. 3.** Сравнительный уровень потерь IGBT-модулей в трехфазной двухуровневой топологии при частоте коммутации 750 Гц и среднеквадратичном значении тока 385 А.

ве IGBT с пазовой структурой затвора (технология trench gate), клиенты компании Dynex получают не только лучшую в своем классе область безопасного функционирования RBSOA, но и рабочую температуру полупроводникового перехода в +150 °С.

**Энергоемкие системы с высокой плотностью мощности**

Еще один важный момент, который лежит в основе процесса разработки IGBT-модулей компании Dynex, — достижение высокой плотности мощности. Причем как на модульном, так и на системном уровне. В то время как способность пропускать большой ток через модуль увеличивает плотность тока непосредственно самого модуля, возможность переключаться на высоких частотах приводит к уменьшению индуктивных элементов в конечных системах. Это касается и номинального значения индуктивности, и габаритных размеров.

Однако нередко частота переключения ограничена не только самими полупроводниковыми приборами, но и паразитными индуктивностями в цепях их подключения. Выпуская чипы и корпуса нового поколения, компания Dynex стремится повысить удельную плотность мощности как на уровне модулей, так и систем. Например, в модуле E2 нового поколения индуктивность снижена на 40%, а конструкция чипа с использованием пазового затвора (технология trench gate) позволяет на 30% увеличить плотность тока модулей при номинальном рабочем напряжении, что сказывается на плотности мощности уже на системном уровне.

**Инструмент проектирования, помогающий проектировщикам систем выбирать модули и моделировать потери мощности**

Данные, аналогичные тем, что использовались для графиков, представленных в настоящей статье, могут быть получены с помощью уникального инструмента проектирования, также предлагаемого компанией Dynex. Этот инструмент дает разработчикам систем быстрый и простой способ опробовать различные модули в популярных топологиях схем, определить оптимальный вариант и смоделировать потери в условиях всей системы. В течение нескольких минут разработчики могут создавать графики выходных данных и профили потерь мощности модулей в различных положениях схемы. Инструмент для проектирования доступен на сайте [www.dynexsemi.com](http://www.dynexsemi.com) на вкладке Design Support («Техническая поддержка проектирования») с переходом на Design Tool («Инструмент проектирования»).

**Литература**

1. [www.dynexsemi.com/assets/downloads/BPs\\_12-18\\_web-42-44.pdf](http://www.dynexsemi.com/assets/downloads/BPs_12-18_web-42-44.pdf)