

# Модули Duplex IGBT последнего поколения:

## путь к достижению максимальной эффективности системы

Как ответ на все более настойчивые требования не только со стороны самых различных секторов промышленности, но и со стороны правительств, направленные на стимулирование создания высокоэффективных систем преобразования энергии, полупроводниковая промышленность предлагает оптимизированную силовую электронику, ориентированную именно на повышение надежности и эксплуатационных характеристик конечных приложений. В этом направлении, отвечая на вызовы современности, компания Duplex выпустила свое последнее поколение IGBT и диодных модулей, которые решают проблему эффективности и предоставляют клиентам компании современные технологии для осуществления широкого круга задач. В этой статье мы объясняем, как тщательный отбор вариантов IGBT-модулей, в зависимости от конкретных приложений и условий работы, позволяет повысить общую эффективность системы в целом.

Шива Уппулури  
(Siva Uppuluri)

Перевод:  
Владимир Рентюк

Как известно, потери в IGBT-модуле, если говорить в общем, могут быть разделены на две категории — потери проводимости и потери переключения, или коммутационные потери. При этом разработчики таких полупроводниковых приборов сталкиваются со следующей проблемой: дело в том, что для любого процесса переключения транзисторов IGBT-модуля при конкретном рабочем напряжении их усилия, направленные на снижение

потерь проводимости, приведут к неизбежному компромиссу по отношению к потерям на переключение, и наоборот. В результате ни один модуль, если он не оптимизирован для конкретной цели, не может обеспечить универсальное решение для удовлетворения всех требований приложения в рамках своих рабочих характеристик. Традиционно производители полупроводников предоставляют несколько универсальных вариантов одиночного модуля с разным уровнем рабочего напряжения, который оптимизирован с тем или иным компромиссом для разных приложений, для работы в номинальных условиях. Этот подход ограничивает гибкость конструкции и усложняет оптимизацию решения при переходе от одного инверторного блока к другому, а в некоторых топологиях даже в пределах одного инверторного блока.

Новые продукты Duplex демонстрируют, как преимущества предложения IGBT-модулей, оптимизированных для разных рабочих частот, помогают повысить общую эффективность системы. В качестве примера в топологии трехуровневой схемы инвертора с фиксированной нейтралью (3-L NPC — 3-Level Neutral Point Clamped) значительное повышение эффективности обеспечивается использованием двух разных типов модулей на фазу по сравнению с одним универсальным модулем на фазу.

В топологии трехуровневой схемы инвертора с фиксированной нейтралью (далее — 3-L NPC), как показано на рис. 1 справа, основной вклад в потери вносят транзисторы T1–T4 IGBT-модуля, за которые

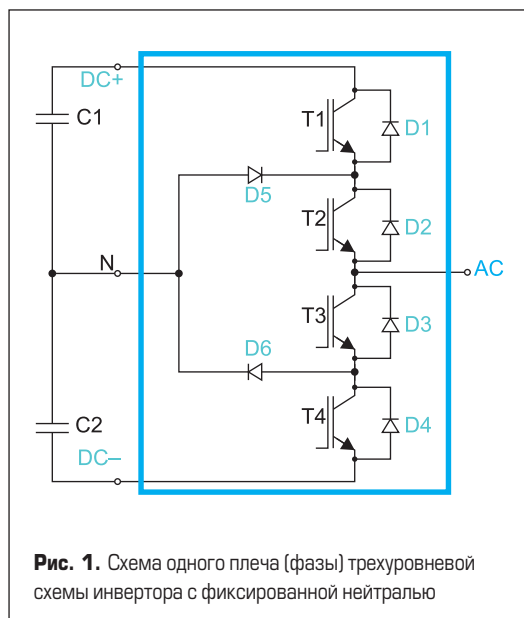


Рис. 1. Схема одного плеча (фазы) трехуровневой схемы инвертора с фиксированной нейтралью

Литература

ми следуют потери на NPC-диодах D5 и D6. Что касается потерь на антипараллельных диодах D1–D4, то они, как правило, являются не столь существенными в общей сумме потерь. А если говорить об основных потерях, они распределяются следующим образом: потери на переключение преобладают над общими потерями IGBT-транзисторов T1 и T4, тогда как потери на проводимость преобладают в транзисторах T2 и T3.

Следовательно, нам нужен выбор не универсального IGBT-модуля для этих двух разных назначений, а одного оптимизированного по частоте переключения для T1 и T4, и второго — оптимизированного по проводимости для T2 и T3. Здесь мы в первом случае возьмем IGBT-модуль компании Duplex DIM1500ESM33-MF (далее — MF) [1], а во втором — перспективный продукт в виде IGBT-модуля DIM1500ESM33-MS (далее — MS) [2]. Такое комплексное решение по сравнению с любым IGBT, оптимизированным именно для универсального, а не для конкретного применения, обеспечивает общее улучшение КПД на всех рабочих токах и по всему частотному спектру, что хорошо видно по результатам компьютерного моделирования, приведенным на рис. 2 и 3.

На рис. 2 показаны потери на фазу как сравнение раздельного использования вариантов IGBT-модулей компании Duplex — типа MS и MF и их оптимизированной комбинации MS + MF. Для дальнейшего сравнения на рис. 3 представлены те же данные, что и на рис. 2, плюс характеристики для еще четырех модулей — от конкурентов компании Duplex.

Как можно видеть из приведенных на рис. 2 и 3 наглядных иллюстраций, оптимизированный для минимизации потерь проводимости IGBT-модуль DIM1500ESM33-MS компании Duplex на частотах переключения, лежащих ниже частоты 550 Гц, превосходит конкурирующие модули, которые были разработаны с расчетом на компромиссные показатели коммутационных потерь и потерь проводимости. В свою очередь, оптимизированный для минимизации потерь на переключение перспективный вариант IGBT-модуля DIM1500ESM33-MF компании Duplex аналогично превосходит конкурирующие с ним модули на частотах переключения выше 550 Гц, что делает совместный вариант использования MS- и MF-модулей оптимальным выбором для работы и на низких, и на высоких частотах соответственно. Объединение IGBT-модулей MS + MF предоставляет возможность дополнительно оптимизировать производительность системы, демонстрируя большее превосходство IGBT-модулей компании Duplex в производительности и эффективности по сравнению с типовыми показателями, достигнутыми на рынке данной продукции.

**Заключение**

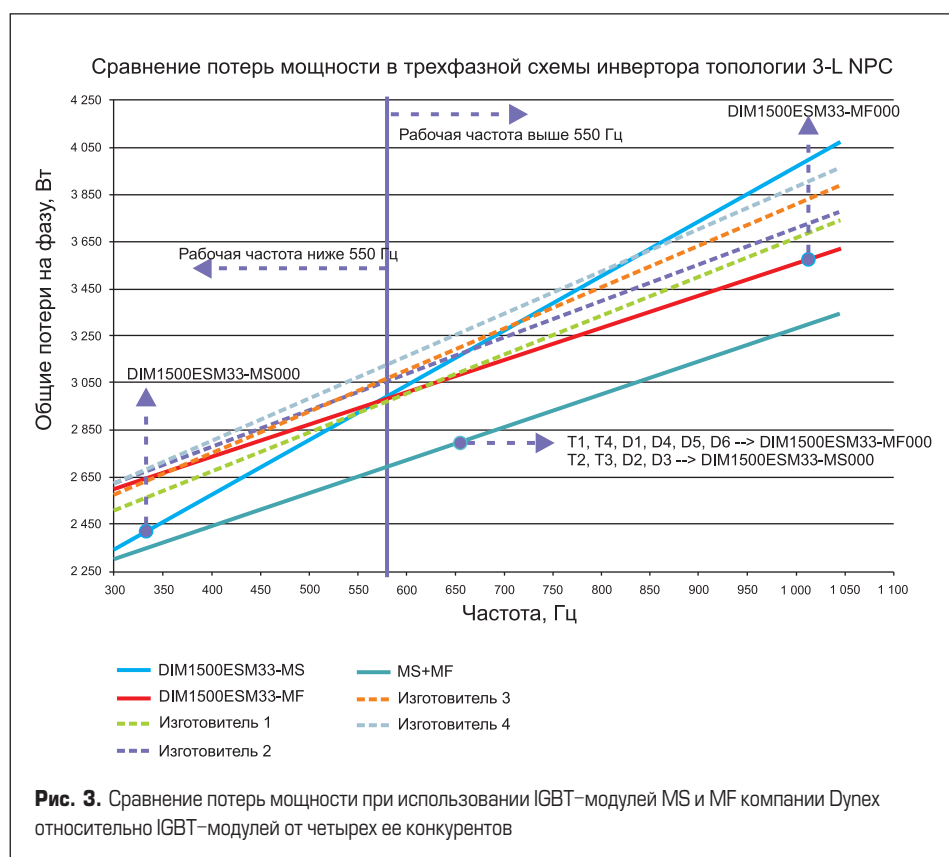
Учитывая все более настойчивые требования как со стороны промышленности, так и со стороны правительства, направленные на стимулирование создания высокоэффективных систем преобразования энергии,

становится вполне очевидным то, что разработчикам следует уже рассмотреть не только возможность усовершенствования систем в целом. Они должны взглянуть на решение этой задачи комплексно и там, где это уместно, принимать меры по оптимизации решений преобразователей даже в ее отдельных каскадах, как это наглядно продемонстрировано в настоящей публикации на примере одного плеча (фазы) трехуровневой схемы инвертора с фиксированной нейтралью.

1. DIM1500ESM33-MF000 Single Switch IGBT Module, DS6242-4 February 2019 (LN37354). [www.dynexsemi.com/assets/downloads/DNX\\_DIM1500ESM33-MF000.pdf](http://www.dynexsemi.com/assets/downloads/DNX_DIM1500ESM33-MF000.pdf)
2. DIM1500ESM33-MS000 Single Switch IGBT Module, DS6195-2 September 2017 (LN34714), Preliminary Information. [www.dynexsemi.com/assets/downloads/DNX\\_DIM1500ESM33-MS000.pdf](http://www.dynexsemi.com/assets/downloads/DNX_DIM1500ESM33-MS000.pdf)



**Рис. 2.** Сравнение потерь мощности на фазу в зависимости от рабочей частоты IGBT-модулей MS и MF и оптимизированное использование комбинации IGBT модулей MF + MS



**Рис. 3.** Сравнение потерь мощности при использовании IGBT-модулей MS и MF компании Duplex относительно IGBT-модулей от четырех ее конкурентов