

# ОАО «Электровыпрямитель»

## расширяет производство IGBT-модулей

**В статье представлено семейство IGBT-модулей, выпускаемых ОАО «Электровыпрямитель», описываются ход развития производства и способы обеспечения качества этих изделий.**

**Вячеслав Мускатиньев  
Валентин Мартыненко**

[martin@moris.ru](mailto:martin@moris.ru)

**Владимир Чибиркин**

[vpruvs@moris.ru](mailto:vpruvs@moris.ru)

**Алексей Бормотов**

[support-spp@saransk-com.ru](mailto:support-spp@saransk-com.ru)

**В** ОАО «Электровыпрямитель» серийное производство IGBT-модулей освоено более 10 лет назад. В течение прошедшего времени номенклатура выпускаемых предприятием IGBT-модулей увеличилась с 35 почти до 300 типов. Эти приборы выпускаются в 10 конструктивных исполнениях, как по типовым, так и по нестандартным схемам по требованиям заказчиков. Успешному освоению данных изделий способствовал многолетний опыт ОАО «Электровыпрямитель» в области силовой полупроводниковой техники, высококвалифицированный персонал, работающий в отделе новых разработок и в полупроводниковом производстве, действующая на заводе международная система менеджмента качества DIN EN ISO 9001:2000 (TÜV CERT).

В ОАО «Электровыпрямитель» разработана и внедрена в производство серия IGBT-модулей на токи от 25 до 4800 А, напряжения 600, 1200, 1700, 2500, 3300 и 6500 В (рис. 1). Модули выпускаются по схемам одиночных ключей, чопперов, полумостов и трехфазных инверторов. Они соответствуют требованиям международных стандартов и взаимоза-

меняемы с многими зарубежными аналогами, продающимися на российском рынке [1].

В настоящее время предприятием производятся IGBT-модули на основе кристаллов нескольких поколений, отличающихся технологией изготовления. Каждая модификация IGBT имеет свои характеристики, оптимизированные для применения в определенном частотном диапазоне (таблица 1). В целом семейство выпускаемых приборов охватывает практически весь круг применений и задач, которые решаются сегодня IGBT-модулями.

### Области применения

Выпускаемые ОАО «Электровыпрямитель» IGBT предназначены для работы в энергосберегающих преобразователях частоты широкого применения, в диапазоне коммутируемых мощностей от 0,5 кВт до 10 МВт. С использованием изделий ОАО «Электровыпрямитель» успешно реализован ряд проектов по применению IGBT-модулей в оборудовании нефтегазового комплекса, железнодорожного транспорта, горнодобывающих предприятий, машиностроения, жилищно-коммунального хозяйства, радиолокации и в других областях применения.

На основе данных модулей производятся электроприводы переменного тока, высоковольтные источники питания и модуляторы напряжения, источники бесперебойного электроснабжения, электросварочное оборудование, установки индукционного нагрева, источники питания лазерных и рентгеновских установок, современное медицинское оборудование и др.

IGBT-модули нашли широкое применение в энергосберегающих преобразователях частоты для низковольтных асинхронных электроприводов [2, 3], которые активно используются в промышленности, нефтегазодобывающей отрасли, коммунальном хозяйстве.

В ОАО «Электровыпрямитель» разработаны и освоены в производстве IGBT-модули транспортного исполнения, предназначенные для преобразовательного электрооборудования подвижного состава российских железных дорог. Модули этой серии имеют повышенную энерготермостойкость и созданы в первую очередь для использования в условиях жестких климатических и механических воздействий, характерных для российских железных дорог. Прибо-



ры данной серии применены в преобразователях для бортового питания локомотивов, в новых системах электродинамического торможения тепловозов, электроприводе городского транспорта (троллейбусы, трамваи).

Для электрооборудования подвижного состава железных дорог разработаны новые IGBT-модули с напряжением изоляции 13 кВ. Они используются в высоковольтных блоках многоканальных преобразователей частоты собственного изготовления для бортового питания магистральных электровозов постоянного тока и электропоездов [4]. В процессе работы над этими приборами разработаны и запатентованы оригинальные технические решения, которые позволяют выпускать сегодня IGBT-модули в конструкциях с напряжением изоляции до 20 кВ.

Создание подобных силовых модулей решает проблему преобразования напряжения контактной сети 3000 В в стабильное напряжение бортового питания электровозов независимо от всех возможных колебаний и перенапряжений в тяговых сетях. Эта разработка открывает большие возможности для внедрения в отечественный электрифицированный транспорт современного, компактного и надежного оборудования для питания собственных нужд локомотивов и тягового привода.

ОАО «Электровыпрямитель» выпускает высоковольтные преобразователи частоты (ВПЧА) на основе IGBT с выходной мощностью от 500 кВт до 2,0 МВт для электроприводов асинхронных двигателей класса напряжений 6,0 и 10,0 кВ [5]. Преобразователи рассчитаны на сравнительно небольшие выходные токи и поэтому не требуют применения высокомоментных IGBT. Кроме того, в ШИМ-инверторе этих преобразователей необходимо последовательное соединение нескольких транзисторно-диодных модулей. Эти особенности новых преобразователей определили необходимость применения специальных полупроводниковых ключей средней мощности, оптимизированных к силовым схемам ВПЧА. Специально для этих преобразователей в ОАО «Электровыпрямитель» были выпущены высоковольтные IGBT/SFRD-модули на токи от 100 до 400 А и напряжение 3300 В [6], полностью учитывающие режимы работы ВПЧА.

### Производство и обеспечение качества

Имеющиеся на предприятии возможности по компьютерному моделированию и проектированию IGBT-модулей, а также быстро перестраиваемое производство этих приборов позволяют не только выпускать широкую номенклатуру серийных IGBT, но и оперативно разрабатывать и изготавливать нестандартные модули по техническим требованиям заказчиков. Данные модули производятся в типовых конструктивных исполнениях, а также могут быть изготовлены с любым другим сочетанием параметров, по разным схемам и конструкциям, отличающимся от приведенных в информационных материалах.

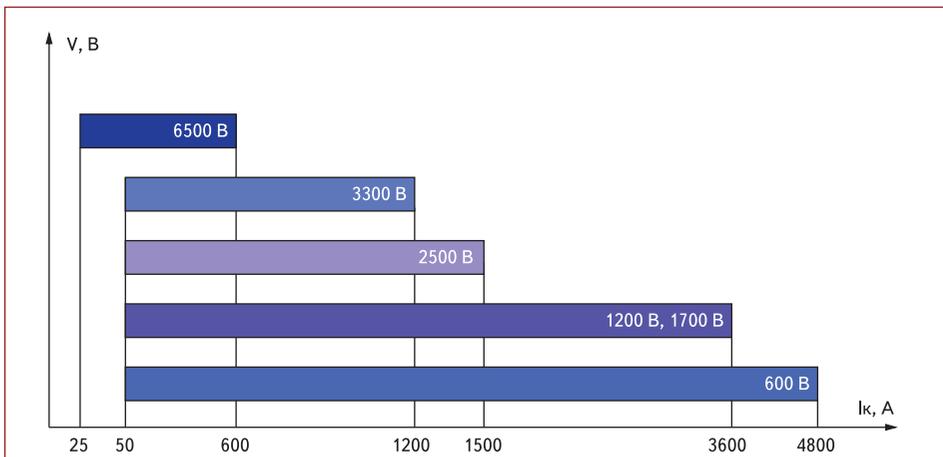


Рис. 1. Диапазон токов и напряжений IGBT-модулей ОАО «Электровыпрямитель»

Специализированный цех предприятия по производству IGBT-модулей постоянно пополняется новым технологическим и испытательным оборудованием. В настоящее время к введенному ранее в эксплуатацию оборудованию известных зарубежных фирм, таких как Centrotherm, Orthodyne Electronics, LEMSYS, в производство внедрены новое оборудование и технологические процессы, позволившие повысить производительность труда, улучшить воспроизводимость процессов

и прослеживаемость изготовления модулей, что, в свою очередь, позволило значительно повысить качество продукции. В технологическую цепочку введены полуавтоматическая заливочная установка фирмы Sheugenpflug (рис. 2), новые высокопроизводительные печи вакуумной пайки.

Значительным достижением в части решения задач по повышению качества IGBT-модулей явилось внедрение 100%-ного рентгеновского контроля паяных соединений. Контроль

Таблица 1. Технологии и параметры IGBT-модулей, выпускаемых ОАО «Электровыпрямитель» для различных применений

Технология IGBT		600 В		1200 В			
		NPT Low Loss	NPT Standard	NPT Low Loss	NPT Ultra Fast	Trench Gate	SPT
Напряжение насыщения, В	25 °С	1,95	2,5	2,1	3,0	1,7	1,9
	125 °С	2,2	3,1	2,4	3,6	2,0	2,1
Оптимальные частоты коммутации, кГц		5–20	4–12	1–8	15–25	1–5	2–20

Технология IGBT		1700 В		2500 В	3300 В	6500 В
		NPT Low Loss	Trench Gate	SPT	SPT	SPT
Напряжение насыщения, В	25 °С	2,6	2,0	2,5	3,1	4,2
	125 °С	3,1	2,4	3,1	3,8	5,4
Оптимальные частоты коммутации, кГц		5–20	1–2	1–2	0,5–1,5	≤ 0,5



Рис. 2. Заливка модулей гелеобразным компаундом

осуществляется с помощью системы рентгеновского контроля фирмы **Feinfocus** (рис. 3).

Процесс изготовления IGBT-модулей завершается испытаниями динамических параметров, которые проводятся с использованием современного испытательного комплекса фирмы **LEMSYS** (рис. 4), изготовленного по индивидуальному техническому заданию. Испытаниям подвергаются 100% производимых IGBT-модулей. Комплекс позволяет проводить как измерение динамических параметров, так и стресс-тесты (например, тест на устойчивость к воздействию тока короткого замыкания) с последующей диагностикой исправности модулей.

### Техническая поддержка

В ОАО «Электровыпрямитель» постоянно совершенствуется технологический процесс и конструкция модулей. Эта работа производится на основе анализа результатов надежных испытаний, в том числе в циклических режимах, а также опыта эксплуатации и обратной связи с потребителями.

Специалисты службы технической поддержки ([support-nicpp@saransk-com.ru](mailto:support-nicpp@saransk-com.ru)) оказывают полноценную помощь по всем вопросам, связанным с эксплуатацией IGBT-модулей. В зависимости от требований, предъявляемых к прибору, и с учетом режима, в котором он будет эксплуатироваться, наши специалисты не только помогут рассчитать режим работы модулей и сделают рекомендации по выбору типа прибора, но и окажут помощь в поставке сопутствующих компонентов (драйверов управления, систем охлаждения, диодных и тиристорных модулей для входных и выходных выпрямителей, датчиков температуры и пр.).

### Литература

1. Аксенов В., Бормотов А. и др. IGBT-модули производства ОАО «Электровыпрямитель» // Силовая электроника. 2006. № 2.
2. Ершков А., Клоков А. и др. Новое семейство преобразователей частоты для низковольтных асинхронных электроприводов производства ОАО «Электровыпрямитель» // Силовая электроника. 2008. № 2.
3. Клоков А., Юнович В. и др. Энергосберегающие преобразователи частоты для низковольтных асинхронных электроприводов производства ОАО «Электровыпрямитель» // Силовая электроника. 2005. № 2.
4. Сулов В., Живечков А., Арискин О., Шестоперов Г. Новые разработки статических преобразователей для электровозов переменного и постоянного тока // Компоненты и технологии. 2005. № 3.
5. Чибиркин В., Минаев Г., Мустафа Г. и др. Преобразователи частоты производства ОАО «Электровыпрямитель» для высоковольтного асинхронного электропривода переменного тока // Силовая электроника. 2005. № 1.
6. Мартыненко В., Мускатиных В., Чибиркин В. Новые конструкции IGBT-модулей для высоковольтных применений // НИТ: разработки в электронике. 2004. № 4.



Рис. 3. Проверка качества пайки модулей на рентгеновской установке



Рис. 4. Измерения динамических параметров IGBT-модулей