

Современные продукты компании IXYS

Обзор силовых IGBT-модулей

Юрий Петропавловский

Становление и развитие IXYS

Новые разработки IXYS

Компанию IXYS (Милпитас, Калифорния, США) в 1983 г. основал Натан Зоммер (Nathan Zommer), получивший степень бакалавра и магистра наук по физической химии в Тель-Авивском университете и степень доктора наук по электротехнике в университете Карнеги-Меллона (Питтсбург, США). В разное время доктор Зоммер работал в Intersil, Hewlett-Packard и General Electric [1]. Вновь образованная фирма достаточно быстро заняла на американском рынке нишу высоковольтных силовых полупроводниковых приборов.

В 1989 г. компания приобрела немецкое подразделение фирмы ABB, что дало ей возможность проникнуть на быстрорастущие европейские рынки силовых полупроводников. В 2000 г. IXYS поглотила компанию Direct Energy Inc. (DEI, штат Колорадо) — производителя быстродействующих силовых приборов и компонентов для OEM-производителей. В 2002 г. в собственность IXYS перешли британская Westcode Semiconductors, выпускавшая приборы большой мощности, и американская Clare, специализировавшаяся на выпуске гибридных интегральных микросхем и оптических изоляторов, используемых в телекоммуникационной аппаратуре. В 2003 г. было сделано очередное приобретение — компания Microwave Technology (Калифорния, США), один из ведущих производителей дискретных СВЧ полупроводниковых приборов, беспроводных и микроволновых усилителей, ММІС-усилителей и гибридных модулей.

На рынок полупроводниковой светотехники компания вышла после покупки в 2009 г. двух европейских подразделений фирмы Leadis Technology (Калифорния, США), производящих драйверы светодиодов и дисплеев. В феврале 2010 г. была закрыта сделка по приобретению одного из ведущих производителей микропроцессоров и систем на кристалле для промышленных и бытовых приложений — Zilog (Милпитас). Таким образом, корпорация выросла в производителя широкой гаммы полупроводниковых продуктов [2].

В настоящее время более 1000 квалифицированных сотрудников десяти подразделений IXYS в Северной Америке, Европе и Азии разрабатывают и производят продукты и технологии для более чем 90% номенклатуры устройств силовой электроники, в том числе для инверторов источников возобновляемой энергии (ветровых и солнечных электростанций и др.) [3].

В каталоге IXYS 2011 г. представлена продукция в следующих категориях: силовые приборы; микросхемы специального (ASIC) и общего применения; микропроцессоры; мощные ВЧ/СВЧ полупроводниковые приборы; модули и системы; дисплеи; приборы для источников «зеленой» энергии. Перечислим некоторые новые разработки, представленные компанией летом/осенью 2011 г. [4].

SIV-3028 — портативный анализатор параметров солнечных батарей SIV-3028 (Handheld Solar Curve Tracer, выпускается подразделением IXYS Colorado), рис. 1. Прибор предназначен для измерения производительности элементов солнечных батарей (до 30 А, 28 В, 150 Вт) в полевых условиях (пределы измерения устанавливаются автоматически), а также для измерения интенсивности света в ваттах на квадратный метр. Внутренняя система хранения данных позволяет запоминать до 100 результатов измерений, которые впоследствии могут быть выведены через интерфейсы RS-232 и USB [5].

IXOLAR SolarBIT — второе поколение производимых компанией солнечных источников питания, предназначенных для зарядки аккумуляторов мобильных устройств. Приборы выполнены в корпусах 27×7×1,8 мм (вес 0,5 г), что позволяет и применять их в дистанционных датчиках систем безопасно-



Рис. 1. Внешний вид портативного анализатора солнечных батарей SIV-3028

сти, беспроводных устройствах, мобильных телефонах, фотоаппаратах, компактных компьютерах, MP3-плеерах, фонариках, портативных медицинских приборах и других приложениях. Устройства выполнены на основе высококачественных монокристаллических фотоэлементов, эффективность преобразования световой энергии достигает 22%. В каталоге фирмы представлены два типа приборов серии IXOLAR SolarBIT и 11 типов серии IXOLAR SolarMD, обеспечивающие выходные напряжения 0,63–7,56 В, токи короткого замыкания 15–200 мА, мощности 18,6–1081,1 мВт, плотность тока 42,4 мА/см². Наиболее мощный прибор SMLD481H12 составлен из 12 солнечных элементов и обеспечивает выходной ток 178,4 мА при напряжении 7,56 В, массо-габаритные показатели — 90×79×2 мм, 22 г [6].

Линейка быстродействующих высоковольтных (1200 В) XPT IGBT с высоким усилением (*Rugged and Fast 1200 V High-Gain (XPT) IGBTs*). Приборы могут быть использованы для построения мощных высокочастотных инверторов, высоковольтных импульсных источников питания, промышленных электроприводов, систем освещения, сварочных аппаратов, зарядных устройств, корректоров коэффициента мощности. Новые IGBT отличаются большими токами (105–160 А при $t = +25\text{ }^{\circ}\text{C}$), высокой частотой переключения (до 50 кГц), малыми напряжением насыщения (3 В) и временем спада (57 нс), а также малой энергией выключения $E_{off} = 1,2\text{ мДж}$. Кроме того, приборы сохраняют положительный температурный коэффициент напряжения насыщения, что облегчает параллельное включение нескольких IGBT для повышения мощности приложений. Совместно с новыми приборами используются собственные «сверхбыстрые» антипараллельные диоды Sonic-FRDTM [7].

MINI-Z WI-FI (выпускается подразделением ZiLOG) — автономный 802.11b/g TCP/IP-модуль для беспроводных сетей в 28-выводном DIP-корпусе. В состав модуля входят 16-разрядный микроконтроллер ZNEO Zilog и модуль подвижных сетей 2,4 PH-171 802.11 b/g Wi-Fi, LAN. Устройство имеет богатый выбор функций с поддержкой широкого спектра сетевых приложений: безопасная Wi-Fi-аутентификация с использованием стандартов WEP-128, WPA-PSK (TKIP/AES); поддержка сетевых технологий DHCP, UDP, DNS, ARP, ICMP, TCP, HTML; функция энергосбережения; роуминг; программное управление выходной мощностью передатчика (0–12 дБмВт). Примеры применения модуля, рекомендованные изготовителем: управление вентиляторами (12/24 В), термостатами, системами архитектурного освещения и анимации, аудиосистемами, пневматическими инструментами [8].

PCM-7510 — драйвер мощных лазерных диодов с воздушным охлаждением и выходной мощностью до 1250 Вт (подразделение IXYS Colorado). Прибор обеспечивает раскату лазерных диодов с током 50–250 А; длительность импульсов от 5 мкс до 5 мс,

время нарастания/спада импульсов 2–8 мкс, частота следования импульсов может меняться в пределах 40–5000 Гц при использовании внутреннего тактового генератора; в режиме внешней синхронизации возможна работа пачками импульсов с частотой заполнения до 5000 Гц. Драйвер предназначен для применения в промышленных лазерных установках, в научных и экспериментальных приложениях. Управление устройством осуществляется через интерфейс RS-232 [9].

IXD_630 (подразделение Clare) — драйвер затворов нижних плеч инверторов, предназначенный для управления мощными IGBT- и МОП-транзисторами и обеспечивающий выходной ток до 30 А. Драйвер может работать в диапазоне температур $-40\ldots+125\text{ }^{\circ}\text{C}$, что позволяет применять его в промышленном оборудовании и автомобильных преобразователях напряжения. Типовое время нарастания/спада импульсов 11 нс при емкости нагрузки 5600 пФ. Выпускаются неинвертирующие (IXDD630) и инвертирующие (IXDD630M) драйверы в пятивыводных TO-263 корпусах [10].

Обзор перспективных силовых модулей IXYS

К категории силовых приборов IXYS относятся: дискретные MOSFET, IGBT и тиристоры; MOSFET- и IGBT-модули; диоды и диодные модули с быстрым восстановлением обратного сопротивления; диоды Шоттки; выпрямительные диоды и мосты, корректоры коэффициента мощности; диодные и тиристорные модули; высоковольтные регуляторы; переключатели; приборы защиты; алюминиевые подложки DCB (Direct-Copper-Bonded); быстрые диоды, выпрямители и IGBT в корпусах для монтажа на поверхность [11].

В каталоге компании 2011 г. представлена широкая номенклатура IGBT-модулей различных конфигураций, классификационные параметры модулей структуры CBI (Converter/Brake/Inverter) приведены в таблице. Приборы, включенные в таблицу, выпускаются в четырех разновидностях структур:

- 3-CBI — трехфазный выпрямитель/чоппер/инвертор;

- 1-CBI — однофазный выпрямитель/чоппер/инвертор;
- 1-CI — однофазный выпрямитель/инвертор;
- 3-CI — трехфазный выпрямитель/инвертор.

Более подробно рассмотрим особенности и параметры некоторых перспективных модулей структуры 3-CBI, техническая документация на которые относится к 2010–2011 гг.

Модули структуры 3-CBI

MIXA30WB1200TED

MIXA30WB1200TED — модуль со встроенным терморезистором с отрицательным температурным коэффициентом сопротивления (NTC, $R = 5\text{ кОм}$, $B_{25/50} = 3375$), в корпусе E2-Pack с изолированным медным основанием. Внешний вид прибора показан на рис. 2, структура и назначение выводов — на рис. 3. Области применения модуля, рекомендованные изготовителем: драйверы электродвигателей переменного тока; инверторы солнечных батарей; медицинское оборудование; источники бесперебойного питания; системы кондиционирования; сварочное оборудование; импульсные и квазирезонансные источники питания. Диапазон рабочих температур (T_{vj}) модулей $-40\ldots+125\text{ }^{\circ}\text{C}$ (максимальная расчетная температура кристаллов $+150\text{ }^{\circ}\text{C}$), напряжение изоляции 2500 В, тепловое сопротивление корпус/теплоотвод $R_{th\text{ ch}} = 0,02\text{ К/Вт}$.

Особенности модуля:

- легкость параллельного соединения приборов благодаря положительному температурному коэффициенту напряжения открытых IGBT;



Рис. 2. Внешний вид модуля MIXA30WB1200TED

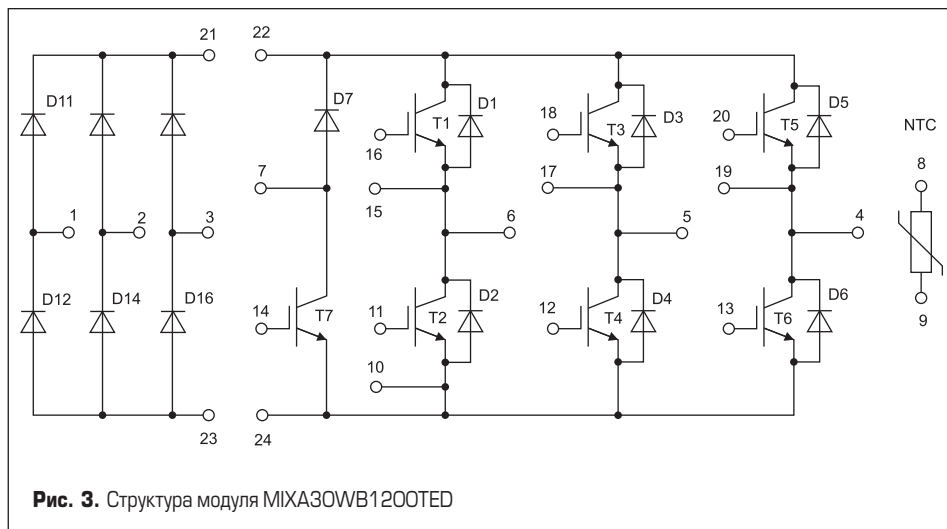


Рис. 3. Структура модуля MIXA30WB1200TED

Таблица. Классификационные параметры модулей структуры CBI

Тип прибора	Конфигурация	Уд обр., В	Id действ, А (T = +80 °C)	Rth кр/кор. диодов, К/Вт	Uкэ, В	Ik25, А	Ik80, А	Uкэ нас. 25, В	Rth кр/кор. IGBT, К/Вт	Корпус	
MIXA30WB1200TED	3-CBI	1200	105	1,1	1200	43	30	1,8	0,84	E2	
MUBW10-06A7		18	1,47	600	20	15	1,9	1,5			
MUBW10-12A7				1200			2,3	1,2			
MUBW15-06A7				600			1,9	1,3			
MIAA10WD600TMH	1-CBI	1600	23	2,1	600	18	13	2,1	1,8	MiniPack2	
MIAA10WE600TMH											
MUBW15-12A7	3-CBI		24	1,3	1200	35	25	2,1	0,7	E2	
MUBW20-06A7					600			1,9	1		
MUBW25-12A7					1200			2,2	0,55		
MUBW30-06A7					600			1,9	0,7		
MUBW15-12T7			25	1,06	1200	30	15	1,7	0,88		
MUBW25-12T7						45	25	1,7	0,73		
MUBW35-12A7						50	35	2,6	0,55		
MUBW50-06A7			600			75	50	1,9	0,5		
MUBW35-12E7			30	1,3	1200	52	36	2,2	0,55		
MIAA15WD600TMH	1-CBI	42	1,2	600	23	16	2,1	1,6	MiniPack2		
MIAA15WE600TMH											
MIAA20WD600TMH							29	20		2,1	1,3
MIAA20WE600TMH											
MUBW10-06A6K	3-CBI	1600	61	2,1	1200	17	12	1,9	1,9	MiniPack2	
MITA10WB1200TMH											
MITB10WB1200TMH						29	20	1,7	1,2		
MITB15WB1200TMH											
MIAA10WB600TMH			600		18	13	2,1	1,8			
MIAA10WF600TMH											
MIAA15WB600TMH					23	16	2,1	1,8			
MIAA20WB600TMH							2,1	1,3			
MIAA15WB1200TMH			1200		30	21	1,9	1,1			
MUBW15-06A6K			65	1,9	600	19	14	2,4	1,7	E1	
MUBW20-06A6K						25	17	2	1,5		
MUBW25-06A6K		31				21	2,1	–			
MIXA10WB1200TML		3-CBI	69	1,8	1200	17	12	1,8	1	E1-Pack	
MIXA10WB1200TMH									2		
MIXA20WB1200TMH						28	20	1,8	1,26	MiniPack	
MUBW40-12T7						80	1,3		62	44	2
MUBW35-12A8			50	35					2,5	0,55	E3
MUBW15-12A6K			89	1,4		19	13	3	1,35	E1	
MUBW30-12A6K											
MUBW30-12E6K	30					21	3,1	0,95			
MUBW35-06A6K											
MITA30WB600TMH	104	1,1	600	42	29	2,3	0,95	MiniPack2			
MUBW45-12T6K	105		1200	40	27	1,5	1,4				
MIXA20WB1200TML				43	31	2,5	0,8	E1			
MIXA10WB1200TED				28	20	1,8	1,26	E1-Pack			
MIXA20WB1200TED				15	12		2	E2-Pack			
MIXA40WB1200TED				30	20		1,26	E2-Pack			
				60	40		0,64	E2			
MUBW50-06A8	140	0,94	600	75	50	1,9	0,5	E3			
MUBW50-12A8			1200	85	60	2,2	0,35				
MUBW50-12E8				90	62	1,9	0,35				
MUBW50-12T8				80	50	1,7	0,46				
MUBW75-06A8	180	0,94	600	100	65	2	0,39				
MUBW100-06A8		0,73		125	85	1,9	0,3				
MUBW75-12T8		0,8		110	75	1,7	0,35				
MIXA60WB1200TEH	190	0,65	1200	85	60	1,8	0,43	E3-Pack			
MIXA80WB1200TEH	265	0,5		120	84	1,8	0,32				
MUBW50-17T8	2200	130	1,1	1700	74	53	2	0,43	E3		
MUBW75-17T8		155	0,95		113	80	2	0,28			

- структура XPT (Xtreme light Punch Through), обеспечивающая малый заряд затворов IGBT и низкий уровень электромагнитных излучений;
- малое напряжение насыщения IGBT, обеспечиваемое сочетанием технологии тонкой подложки (Thin Wafer Technology) и структуры XPT;
- быстрое и мягкое восстановление обратного сопротивления, малое прямое напряжение благодаря антипараллельным диодам SONIC.

Приведем отсутствующие в таблице основные параметры IGBT и диодов.

- IGBT-инверторы T1–T6:
 - заряд затвора Q_3 — 76 нК (типичное значение при $U_{кз} = 600$ В, $U_{зз} = 15$ В, $I_k = 25$ А, $T_{vj} = +25$ °С);
 - время задержки включения/выключения $t_{d(on)}/t_{d(off)}$ — 70/250 нс;
 - время нарастания/спада тока t_r/t_f — 40/100 нс;
 - энергия включения/выключения E_{on}/E_{off} — 2,5/3 мДж (временные параметры и энергия переключения при $U_{кз} = 600$ В, $I_k = 15$ А, $U_{зз} = \pm 15$ В, $R_3 = 39$ Ом, $T_{vj} = +125$ °С);
 - зона безопасной работы при коротких замыканиях в нагрузке (SCSOA): $t_{кз}$ не более 10 мкс, $I_{кз}$ не менее 100 А (при $U_{кз} = 900$ В, $U_{зз} = \pm 15$ В, $R_3 = 39$ Ом, $T_{vj} = +125$ °С).
- Антипараллельные диоды инверторов D1–D6:
 - прямое напряжение $U_{пр}$ — 1,95 В;
 - заряд восстановления Q_{rr} — 3,5 мкК;
 - максимальный ток восстановления I_{rm} — 30 А;
 - время восстановления обратного сопротивления t_{rr} — не более 350 нс;
 - энергия восстановления E_{rec} — 0,9 мДж (параметры при $U_{обр} = 600$ В, $di_{пр}/dt = -600$ А/мкс, $I_{пр} = 30$ А, $T_{vj} = +125$ °С).
- IGBT и диод тормозного чоппера T7/D7 (отличающиеся параметрами):
 - Q_3 — 28 нК;
 - E_{on}/E_{off} — 1,1/1,1 мДж;
 - Q_{rr} — 0,6 мкК;
 - I_{rm} — 6 А;
 - E_{rec} — 0,2 мДж.

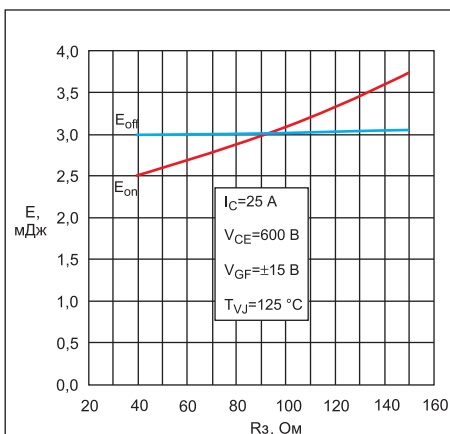


Рис. 4. Зависимость энергий включения/выключения IGBT-инверторов модуля M1XA30WB1200TED от сопротивления в цепи затвора

- Диоды выпрямителя D11–D16:
 - максимальный выпрямленный ток выпрямителя I_{davm} — 105 А (при $T_{vj} = +80$ °С);
 - прямое напряжение $U_{пр}$ — 1,34 В (при $I_{пр} = 50$ А);
 - общая мощность рассеяния P_{tot} — не более 110 Вт (при $T_{vj} = +25$ °С);
 - тепловое сопротивление кристалл/корпус R_{thjc} — не более 1,1 К/Вт.

На рис. 4 приведены зависимости энергий включения/выключения IGBT-инверторов модуля от сопротивления в цепи затвора.

M1XA80WB1200TEN

M1XA80WB1200TEN — силовой модуль с терморезистором NTC ($R = 5$ кОм, $B_{25/50} = 3375$), внешний вид и структура прибора соответствуют показанным на рис. 2, 3. Приведем параметры модуля, отличающиеся от параметров M1XA30WB1200TED:

- IGBT-инверторы T1–T6: Q_3 — 230 нК; E_{on}/E_{off} — 6,8/8,3 мДж ($U_{кз} = 600$ В, $I_k = 75$ А, $R_3 = 10$ Ом);
- антипараллельные диоды инверторов D1–D6: Q_{rr} — 12,5 мкК; E_{rec} — 4 мДж ($U_{обр} = 600$ В; $di_{пр}/dt = -1600$ А/мкс, $I_{пр} = 100$ А);
- IGBT и диод тормозного чоппера T7/D7: Q_3 — 107 нК; E_{on}/E_{off} — 3,8/4,1 мДж; I_{rm} — 30 А; E_{rec} — 0,9 мДж;
- диоды выпрямителя D11–D16: I_{davm} — 265 А; P_{tot} — 250 Вт; $U_{пр}$ — 1,3 В (при $I_{пр} = 150$ А); R_{thjc} — не более 0,5 К/Вт.

M1TA10WB1200TMH/ M1TB15WB1200TMH/ M1TA30WB600TMH

M1TA10WB1200TMH/M1TB15WB1200TMH/M1TA30WB600TMH — модули структуры 3-CBI с терморезистором NTC ($R = 5$ кОм, $B_{25/50} = 3375$), внешний вид модулей показан на рис. 5, структура и назначения выводов — на рис. 6. Приборы выполнены в корпусах MiniPack 2 высотой 17 мм. Области применения модулей, рекомендованные изготовителем: драйверы двигателей переменного тока; насосы, вентиляторы; стиральные машины; системы кондиционирования; инверторы и источники питания.

Особенности модулей:

- малое напряжение насыщения, положительный температурный коэффициент на-

- пряжения открытых транзисторов, высокое быстродействие, короткий переходной процесс при выключении, обеспечиваемые инверторами Trench IGBT;
- эпитаксиальные антипараллельные диоды с быстрым и мягким восстановлением обратного сопротивления;
- высокая степень интеграции (для построения драйверов необходим только один силовой полупроводниковый модуль).

Приведем основные параметры приборов M1TA10WB1200TMH (в скобках отличающиеся параметры модулей M1TB15WB1200TMH, M1TA30WB600TMH), отсутствующие в таблице:

- IGBT инверторов T1–T6: Q_3 — 54 нК (92 нК, 300 нК); $t_{d(on)}/t_{d(off)}$ — 60/360 нс (20/160 нс); t_r/t_f — 35/340 нс (20/60 нс); E_{on}/E_{off} — 1,55/1,1 мДж (2/1,7 мДж, 0,65/0,75 мДж); параметры при $U_{кз} = 600$ В, $I_k = 10$ А (15, 30 А), $U_{зз} = \pm 15$ В, $R_3 = 100$ Ом (75 Ом, 15 Ом), $T_{vj} = +125$ °С.
- антипараллельные диоды инверторов D1–D6: $U_{пр}$ — 1,6 В (1,9 В, 1,2 В); Q_{rr} — 1,9 мК (2,3 мК), I_{rm} — 12,8 А (19,6 А), t_{rr} — 335 нс (330 нс), E_{rec} — 0,54 мДж (0,68 мДж), параметры при $di_{пр}/dt = -300$ А/мкс (–420 А), $I_{пр} = 10$ А (15 А), $T_{vj} = +125$ °С;
- IGBT чоппера T7: Q_3 — 54 нК (92 нК, 300 нК), E_{on}/E_{off} — 1,55/1,1 мДж (1/1,3 мДж, 0,65/0,75 мДж);
- диоды выпрямителя D8–D13: I_{davm} — 61 А (89 А); P_{tot} — 50 Вт (80 Вт), $U_{пр}$ — 1,35 В (1,1 В) R_{thjc} — не более 2,1 К/Вт (1,4 К/Вт).

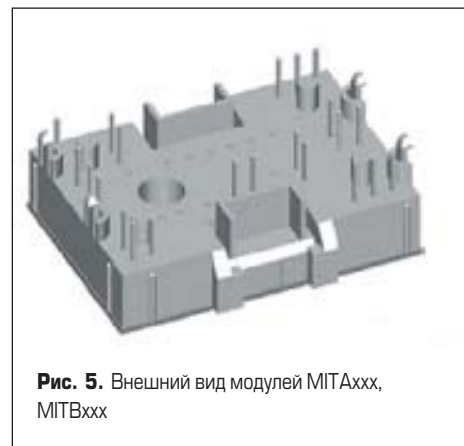


Рис. 5. Внешний вид модулей M1TAxxx, M1TBxxx

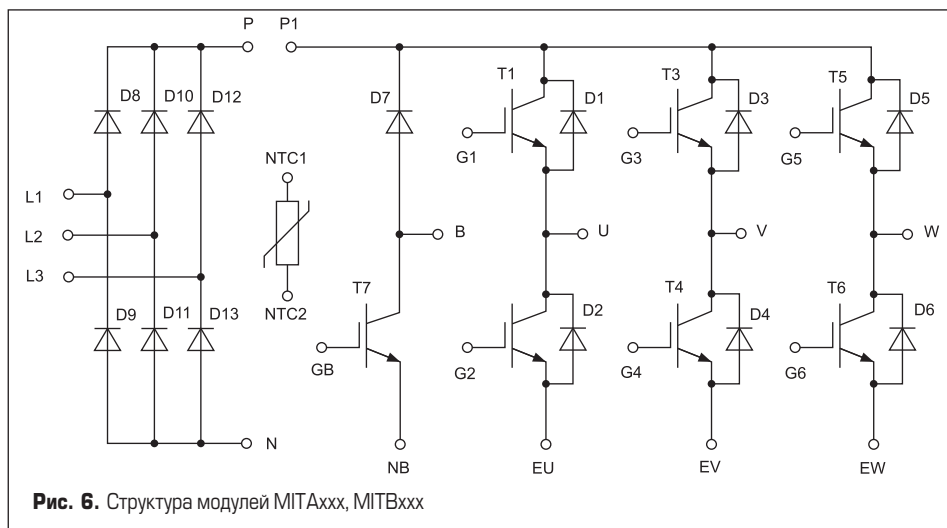


Рис. 6. Структура модулей M1TAxxx, M1TBxxx

Модули других структур

Кроме приведенных в таблице приборов, компания выпускает IGBT-модули с другими структурами:

- Six-Pack (шесть инверторов + шесть антипараллельных диодов);
- Full Bridge (четыре инвертора + четыре антипараллельных диода);
- ISOPLUS i4-PAC (два инвертора с двумя антипараллельными диодами в малогабаритном корпусе);
- Phase-Leg (два инвертора + два антипараллельных диода);
- Boost/Buck Chopper (тормозные чоперы различных структур);
- High Power (строенные инверторы большой мощности с антипараллельными диодами);
- SMPD (модули в корпусах для монтажа на поверхность).

Модули перечисленных структур разработаны в 2000–2011 гг., ряд из них снимается с производства. Рассмотрим особенности некоторых перспективных приборов, техническая документация на которые выпущена в 2011 г.

MIXA61H1200ED

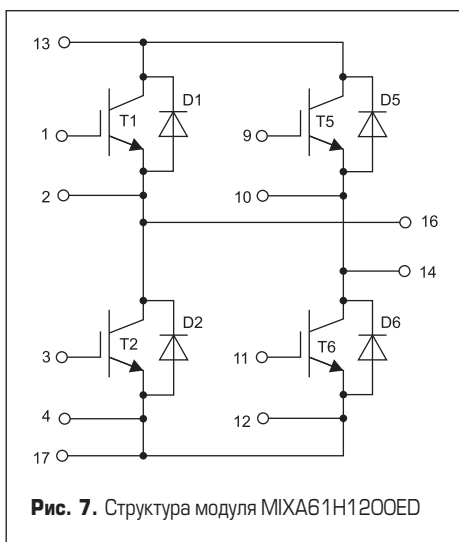


Рис. 7. Структура модуля MIXA61H1200ED

MIXA61H1200ED — модуль IGBT XPT Full Bridge в корпусе E2-Pack (рис. 2), структура прибора показана на рис. 7. Области применения модуля, рекомендованные изготовителем: драйверы двигателей переменного тока; инверторы солнечных батарей и источников бесперебойного питания; медицинское оборудование, кондиционеры, сварочное оборудование, импульсные источники питания. Прибор характеризуется теми же особенностями, что и рассмотренные выше модули серии MIXAxxx. Основные параметры:



Рис. 8. Внешний вид модуля FII 30-06D

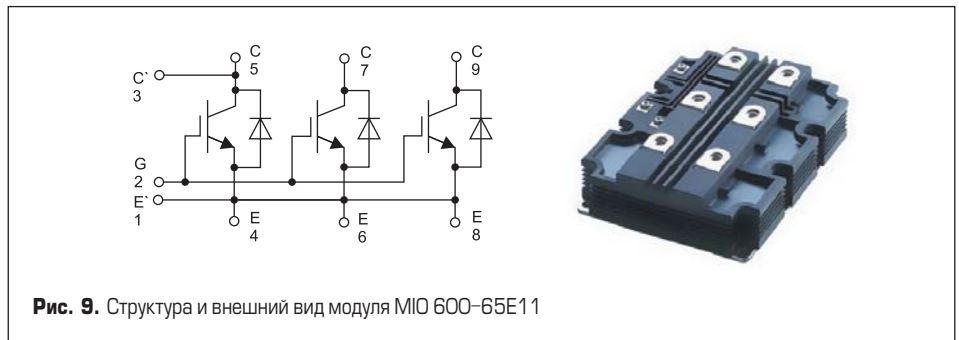


Рис. 9. Структура и внешний вид модуля MIO 600-65E11

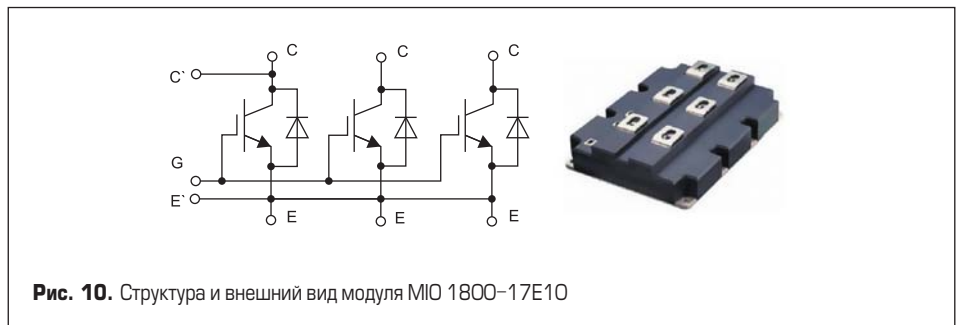


Рис. 10. Структура и внешний вид модуля MIO 1800-17E10

- IGBT: $U_{кз}$ — 1200 В; $I_{к80}$ — 60 А; Q_3 — 165 нК; t_r/t_f — 40/100 нс; E_{on}/E_{off} — 4,5/5,5 мДж; R_{thjc} — 0,43 К/Вт (параметры при $U_{кз} = 600$ В, $I_k = 50$ А, $U_{зз} = \pm 15$ В, $R_3 = 15$ Ом, $T_{vj} = +125$ °С);
- антипараллельные диоды: $U_{обр}$ — 1200 В; $I_{пр 25/80}$ — 85/57 А; $U_{пр}$ — 1,95 В; Q_r — 8 мК; t_{rr} — 350 нс.

FII 30-06D

FII 30-06D — модуль ISOPLUS i4-PAC, состоящий из двух последовательно соединенных NPT IGBT с антипараллельными диодами HiperFRED (рис. 8). Прибор может быть использован в качестве однофазных Buck-Boost-чоперов, H-мостов для импульсных источников питания, индукционных нагревателей, четырехквadrантных драйверов постоянного тока (Four quadrant DC drivers), контроллеров выпрямителей. Основные параметры модуля:

- NPT IGBT: $U_{кз}$ — 600 В; $I_{к25/90}$ — 30/18 А; Q_3 — 65 нК; t_r/t_f — 55/30 нс; E_{on}/E_{off} — 0,75/0,6 мДж; R_{thjc} — не более 1,25 К/Вт (параметры при $U_{кз} = 300$ В, $I_k = 20$ А, $U_3 = \pm 15$ В, $R_3 = 47$ Ом, $T_{vj} = +125$ °С);
- HiperFRED-диоды: $U_{обр}$ — 600 В; $I_{пр25/90}$ — 30/15 А, $U_{пр125}$ — 1,6 В, t_{rr} — 50 нс.

MIO 600-65E11, MIO 1800-17E10

MIO 600-65E11, MIO 1800-17E10 — модули большой мощности (High Power), состоящие из трех параллельно включенных NPT IGBT и антипараллельных диодов, выполненные в стандартных промышленных корпусах. Внешний вид и структура модуля MIO 600-65E11 показаны на рис. 9, MIO 1800-17E10 — на рис. 10. Области применения приборов: мощные преобразователи переменного тока для промышленных электроприводов, ветрогенераторов, тяговых приводов; импульсные генераторы для мощных лазеров. Модули отличаются низкими потерями, мягким переключением, обеспечивающим малые уровни электромагнитных помех. В конструкцию модулей входят специальная базовая AlSiC-плата

для обеспечения высокой надежности при термоциклировании и AlN-подложка для снижения теплового сопротивления. Диапазон рабочих температур приборов $-40 \dots +125$ °С. Основные параметры модулей MIO 600-65E11 (в скобках указаны значения для MIO 1800-17E10):

- NPT IGBT: $U_{кз}$ — 6500 В (1700 В); $I_{к85}$ — 600 А (1800 А); $U_{кз нас}$ — 4,2 В (2,6 В); Q_3 — 9,65 мК (15,1 мК); t_r/t_f — 270/930 нс (230/240 нс); E_{on}/E_{off} — 4250/3250 мДж (530/670 мДж); R_{thjc} — 0,011 К/Вт (0,009 К/Вт, параметры при $U_{кз} = 3600$ В (900 В), $I_k = 600$ А (1800 А), $R_3 = 2,7/3,9$ Ом (0,82 Ом), $L_\sigma = 280$ нГн (60 нГн), $U_{зз} = \pm 15$ В, $T_{vj} = +125$ °С);
- антипараллельные диоды: $I_{пр}$ — 600 А (1800 А); $U_{пр125}$ — 3,4 В (1,7 В); t_{rr} — 2200 нс (870 нс).

Зависимости энергий включения/выключения IGBT-модуля MIO 600-65E11 от сопротивления затвора

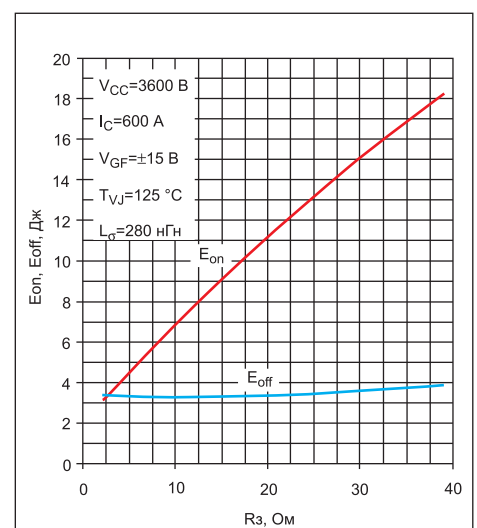


Рис. 11. Зависимости энергий включения/выключения IGBT-модуля MIO 600-65E11 от сопротивления затвора

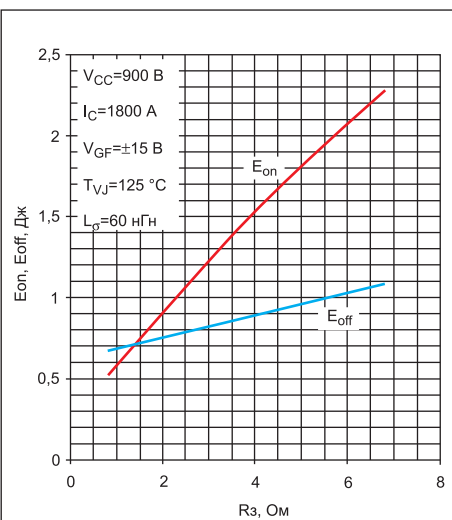


Рис. 12. Зависимости энергий включения/выключения IGBT-модуля MIO 1800-17E10 от сопротивления затвора

ления затвора приведены на рис. 11, модуля MIO 1800-17E10 — на рис. 12.

IXA 20PG1200DHGLB, IXA 40PG1200DHGLB

IXA 20PG1200DHGLB, IXA 40PG1200DHGLB — малогабаритные SMPD-модули в корпусах для монтажа на поверхность, состоящие из двух последовательно соединенных ХРТ IGBT и четырех диодов SONIC. Внешний вид и структура модулей показаны на рис. 13. Области применения те же, что и FII 30-06D. Основные параметры модуля IXA20PG1200DHGLB (в скобках отличающиеся параметры IXA40PG1200DHGLB):

- ХРТ IGBT: $U_{кз} = 1200$ В; $I_{к80} = 23$ А (45 А); $U_{кз\text{ нас}} = 2,1$ В (2,2 В); $Q_3 = 48$ нК (107 нК); $t_r/t_f = 40/100$ нс; $E_{on}/E_{of} = 1,55/1,7$ мДж (3,8/4,1 мДж); R_{thjc} — не более 1 К/Вт (0,55 К/Вт), параметры при $U_{кз} = 600$ В, $I_{к} = 15$ А (35 А), $U_{зз} = \pm 15$ В, $R_3 = 56$ Ом (27 Ом), $T_{vj} = +125$ °C;

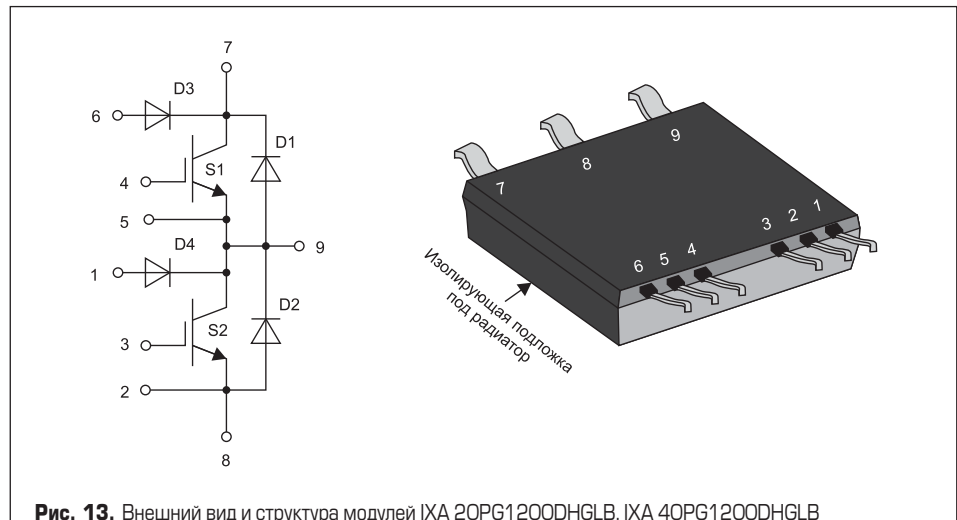


Рис. 13. Внешний вид и структура модулей IXA 20PG1200DHGLB, IXA 40PG1200DHGLB

- SONIC-диоды D1, D2: $I_{пр80} = 18$ А (27 А); $U_{пр} = 2$ В; $t_{rr} = 350$ нс.

Зависимости энергий включения/выключения модуля IXA 20PG1200DHGLB от сопротивления затвора приведены на рис. 14. Габаритные чертежи модулей, рассмотренных в статье, приведены на сайте журнала.

Литература

1. <http://people.forbes.com/profile/nathan-zommer/45864>
2. <http://www.ixys.com/Corporate/history.aspx>
3. <http://www.ixys.com/Corporate.aspx>
4. <http://www.ixys.com/ProductPortfolio.aspx>
5. <http://www.ixys.com/news/DEI-SIV3028-2011-10-04.pdf>
6. http://www.ixys.com/news/SC_NewSolarBits-2011-09-20.pdf
7. <http://www.ixys.com/news/SC-1200V-XPT-IGBT-2011-08-04.pdf>
8. <http://www.ixys.com/news/ZilogMiniZWiFi-2011-07-19.pdf>
9. <http://www.ixys.com/news/DEI-PCM7510-2011-07-13.pdf>

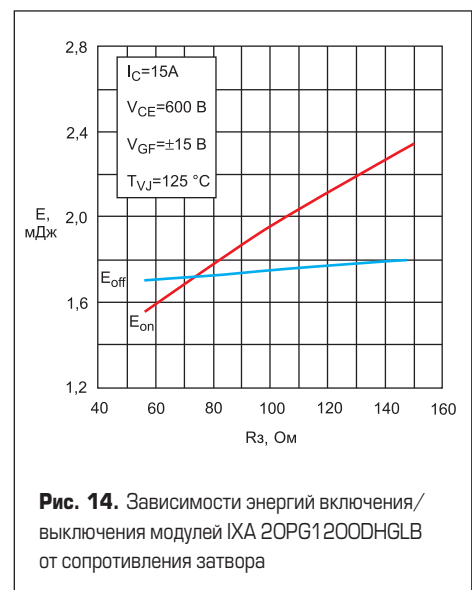


Рис. 14. Зависимости энергий включения/выключения модулей IXA 20PG1200DHGLB от сопротивления затвора

10. http://www.ixys.com/news/Clare-IXD_630-2011-06-16.pdf
11. <http://www.ixys.com/ProductPortfolio/PowerDevices.aspx>