

Обзор продукции компании TECHSEM

Китайская компания TECH Semiconductors Co., Ltd. (TECHSEM) была создана в 1966 г. и имеет значительный опыт разработки и производства силовых полупроводниковых устройств. Широкий ассортимент продукции компании известен высоким качеством и хорошей репутацией как на внутреннем рынке Китая, так и в Европе, США, Корею, Японии, Индии и других странах. В статье приведен обзор изделий TECHSEM.

Александр Пескин

Изделия TECHSEM [1] широко используются во многих областях промышленности, таких, например, как металлургия, электроэнергетика, химическая индустрия, железнодорожный транспорт. Они находят применение также в сварочном оборудовании и оборудовании для плавного старта и питания различных двигателей, в источниках питания, инверторах, преобразователях, выпрямителях и др.

Все приборы имеют маркировку CE и исполняются в соответствии с директивой European RoHS (Restriction of Hazardous Substances), ограничивающей использование опасных веществ в производимых электрических и электронных продуктах и запрещающей применение таких компонентов, как ртуть, кадмий, олово и некоторые виды хрома.

Для обеспечения высокого уровня качества продукции TECHSEM придерживается следующих принципов:

- все бизнес-процессы, включая разработку и производство, проводятся строго в соответствии с рекомендациями ISO 9001: 2008 Системы управления качеством, ISO14001 и OHSAS18001;
- в процессе производства неукоснительно проводятся проверка и тестирование продукции, включающие оценку внешнего вида и анализ параметров на всех этапах — от стадии присоединения подложки к чипу и до сборки капсулы или модуля;
- испытание продукции включает четыре категории — обычные проверки всех приборов (группа А), выборочный контроль (группа В), квалификационные испытания (группа С) и квалификационные проверочные испытания (группа D).

Основные виды выпускаемой компанией продукцией:

- мощные полупроводниковые приборы таблеточного (капсульного) типа, к которым относятся низкочастотные, высокочастотные, быстродействующие запираемые и двунаправленные тиристоры, выпрямительные диоды, диоды с быстрым

восстановлением, обратно переключаемые диоды и изолированные капсулированные мощные модули;

- силовые модули, к которым относятся тиристорные, диодные и тиристорно-диодные модули (изолированного и неизолированного типа), одно- и трехфазные выпрямительные мосты, тиристоры с быстрым отключением, диодные модули с быстрым восстановлением и диоды со сверхбыстрым восстановлением;
- силовые полупроводниковые сборки, к которым относятся одно- и трехфазные полномостовые сборки, шестифазные мостовые сборки, переключатели переменного напряжения, высоковольтные сборки;
- различные радиаторы воздушного и водяного охлаждения;
- сборочно-монтажное оборудование.

Рассмотрим основные виды продукции более подробно.



Рис. 1. Внешний вид прибора капсульного типа

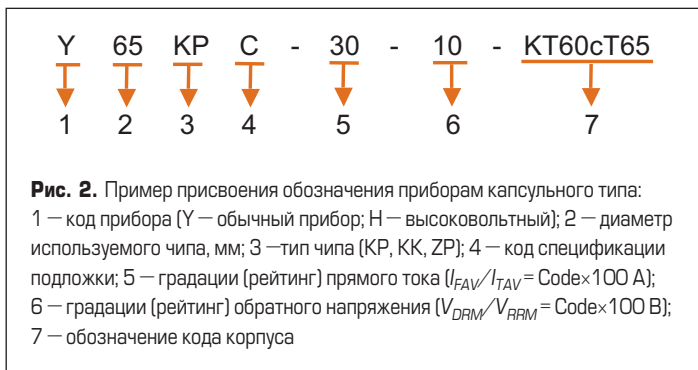


Рис. 2. Пример присвоения обозначения приборам капсульного типа:
 1 — код прибора (Y — обычный прибор; H — высоковольтный); 2 — диаметр используемого чипа, мм; 3 — тип чипа (KP, KK, ZP); 4 — код спецификации подложки; 5 — градации (рейтинг) прямого тока ($I_{FAV}/I_{TAV} = \text{Codex} \times 100 \text{ A}$); 6 — градации (рейтинг) обратного напряжения ($V_{DRM}/V_{RRM} = \text{Codex} \times 100 \text{ B}$); 7 — обозначение кода корпуса

Приборы капсульного типа

Особенность этих приборов заключается в том, что они упаковываются в герметичные металлические корпуса с керамическими изоляторами — так называемые капсулы. Капсульные приборы разделяются на категории в соответствии с типом используемого в них чипа и электрическими параметрами. Внешний вид одного из таких приборов показан на рис. 1.

Рассмотрим виды приборов капсульного типа [2] подробнее.

Типы капсульных корпусов тиристоров серий KP и KK, а также диодов серии ZP, используемых в зависимости от прямого тока и обратного напряжения, приведены в таблице 1. Все эти приборы приспособлены для одно- и двустороннего охлаждения.

Регулируемые по фазе тиристоры серии KP производятся по диффузионной технологии и имеют ступенчатую структуру внутреннего усиления. Тиристоры быстрого включения серии KK могут работать при условии быстрого нарастания тока включения (di/dt), обладают высокими электрическими динамическими характеристиками, такими как низкие потери при переключении и быстрое время выключения. Выпрямительные диоды серии ZP — диффузионно-сплавные.

Пример присвоения обозначения приборам капсульного типа показан на рис. 2.

Дадим некоторые пояснения к обозначению кода корпуса:

- K — корпус тиристора;
- Z — корпус диода;
- T — выпуклая поверхность;
- A — вогнутая поверхность;
- 60 — код для катода и анода;
- две последующих буквы — высота корпуса, мм (aT — 14, cT — 26, dT — 35);
- 65 — опция для альтернативного применения чипа.

На рис. 3 приведен общий вид приборов капсульного типа, а в таблице 2 — ключевые индикаторы их корпусов.

В таблице 3 приведены соотношения между величиной входного сетевого напряжения (АС) и рекомендованным повторяющимся



Рис. 3. Общий вид прибора капсульного типа

Таблица 1. Типы капсульных корпусов тиристоров и диодов компании TECHSEM (значения указаны при температуре корпуса +55 °C)

Тип корпуса	I_{FAV}, A	V_{RRM}, B
Тиристоры серии KP		
KT19	600	400
KT25	1000	400–1000
KT33	1500	
KT19	500	600–1000
KT50	2500	
KT73	4000	600–1800
KT19	400	1200–1800
KT25	600	
KT33	1000	
KT50	1800	
KT33	2800	
KT50	1200	3000–4200
KT73	1900	
KT60	2400	6000–6500
KT38	400	
KT50	900	
KT60	1600	
KT84	2200	
KT100	3500	
KT125	5200	
Тиристоры серии KK		
KT33	400	1200–1800
KT33	800	
KT50	1300	
KT60	2000	
KT73	2700	2000–2800
KT60	2100	
KT84	3800	
KT100	4800	
Диоды серии ZP		
ZT19	1000	400
ZT25	1460	
ZT33	1990	
ZT44	6300	
ZT60	8500	1200–2000
ZT19	600	
ZT25	1310	
ZT33	1680	
ZT50	3000	
ZT73	6000	

Таблица 2. Ключевые индикаторы корпусов приборов капсульного типа

Тип корпуса (KT и ZT)*	Диаметр керамического цилиндра, мм	Максимальный внешний диаметр катода, мм
19	37	42
25	40,5	42
33	53	59
50	66	74
60	88	100
73	98	110
100	132	142

Примечание: * — тип чипа прибора: KT — тиристор, ZT — диод.

Таблица 3. Рекомендованные значения напряжений

Входное сетевое напряжение, В	Рекомендованные значения напряжений V_{DRM} и V_{RRM}, B
60	200
125	400
250	800
380	1200
400	1400
440	1400
460	1600
500	1600
575	1800
660	2000
690	2200



Рис. 4. Маркировка прибора капсульного типа: 1 — код капсульного прибора; 2 — диаметр используемого чипа; 3 — тип чипа; 4 — код спецификации подложки; 5 — код рейтинга прямого тока; 6 — код рейтинга обратного напряжения; 7 — код даты выпуска; 8 — матричный код, содержащий сведения о продукте, номерах партий, производственной и измерительной линий и о дате выпуска



Рис. 5. Внешний вид одного из вариантов силового модуля

ковым значением напряжения запертого прибора (V_{DRM}) и значением обратного напряжения (V_{RRM}).

На рис. 4 показан прибор капсульного типа с нанесенной на его корпус маркировкой.

К основным техническим параметрам приборов капсульного типа относятся:

- усредненный прямой ток диода I_{FAV} /усредненный ток включенного тиристора I_{TAV} ;
- пик (выброс) прямого тока диода I_{FSM} /тиристора I_{FSM} ;
- пиковый интеграл нагрузки i^2t ;
- повторяющееся пиковое напряжение на запертом приборе V_{DRM} /повторяющееся пиковое обратное напряжение V_{RRM} ;
- пиковое значение обратного тока утечки I_{DRM} /пиковый обратный ток I_{RRM} ;
- пороговое напряжение V_{TO} ;
- сопротивление в проводящем направлении r_p ;
- пиковый прямой ток диода I_{FM} /пиковый ток открытого тиристора I_{TM} ;
- пиковое напряжение проводящего диода V_{FM} /открытого тиристора V_{TM} ;
- время коммутации тока при выключении тиристора t_q ;
- критическая скорость нарастания напряжения открытого тиристора du/dt ;
- термическое сопротивление соединения с корпусом $R_{th(j-c)}$;
- термическое сопротивление соединения корпуса к тепловой подложке $R_{th(c-hs)}$.

Для получения максимально возможного тока тиристорной или диодной капсулы чаще всего используется двустороннее охлаждение (Double-sided Cooling, DSC). В этом случае изделие зажимается между двумя идентичными тепловыми приемниками. Возможно также применение одностороннего охлаждения (Single-sided Cooling, SSD).

Могут использоваться воздушно-охлаждающие либо водно-охлаждающие тепловые приемники. В первом случае они должны быть смонтированы так, чтобы их охлаждающие наконечники были параллельны направлению охлаждающего воздуха и расположены близко к воздушным входам так, чтобы воздух предварительно не нагревался другими компонентами.

С целью гарантии хорошего электрического и термического контакта контактные поверхности тепловых приемников должны быть

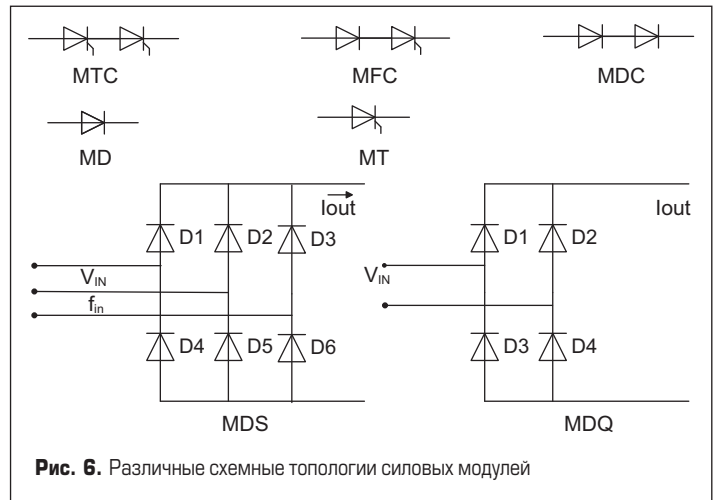


Рис. 6. Различные схемные топологии силовых модулей

очищены до металлического блеска, а их плоскость должна иметь неровности, не превышающие 50 мкм на дюйм, а сами неровности должны быть менее 10 мкм. Контактные площадки должны быть покрыты тонким слоем (100 мкм) термического компаунда, такого, например, как Penetrox A или A13.

Силовые модули

Силовые модули TECHSEM [3] выполнены по различным схемным топологиям: тиристоры (серии MT и MTC), выпрямительные диоды (серии MD и MDC), гибридные модули (серия MFC) и выпрямительные мосты (серия MDS). Диапазон выходных токов этих изделий составляет 26–570 А, а максимальное обратное напряжение достигает 3600 В. Помимо указанной выше маркировки CE, силовые модули имеют дополнительную маркировку компании по стандартизации и сертификации в области техники безопасности UL (Underwriters Laboratories Inc.).

Внешний вид одного из вариантов силового модуля показан на рис. 5.

Силовые модули сортируются в соответствии с типом и схемной топологией (табл. 4).

Для различных применений могут использоваться семь различных схемных топологий силовых модулей (рис. 6): MTC, MFC, MDC, MD, MT, MDS и MDQ.

Таблица 4. Сортировка силовых модулей

Тип	Состав	Серия	Варианты корпусов*	Диапазон напряжений, В	Диапазон токов, А
Тиристорный модуль	тиристор	MT	417F2	400–2500	26–570
	полумостовая схема	MTC	216F3, 223F3, 413F3, 416F3		
Модуль выпрямительных диодов	диод	MD	417F2		
	полумостовая схема	MDC	216F3, 223F3, 413F3, 416F3		
Гибридные модули (диоды и тиристоры)		MFC	216F3, 223F3, 413F3, 416F3	1200–2500	
Трехфазные выпрямительные мосты		MDS	218H5, 219H5, 221H5	800–2200	50–200

Примечание: * — варианты корпусов зависят от упаковочных размеров модулей



Рис. 7. Корпуса силовых модулей

В зависимости от упаковочных размеров модулей имеется восемь различных их корпусов (рис. 7).

Размеры корпусов силовых модулей приведены в таблице 5. Все модули имеют стандартный допуск на размер ±0,5 мм.

Пример присвоения обозначения силовым модулям показан на рис. 8.

При применении модулей можно использовать те же соотношения между величиной входного сетевого напряжения (АС) и рекомендованным повторяющимся пиковым значением напряжения запертого прибора и значением обратного напряжения, что приведены в таблице 3 для приборов капсульного типа.

На рис. 9 показан один боковой вид силового модуля с нанесенной на его корпус маркировкой. На рис. 10 показана маркировка, нанесенная на другой бок силового модуля.

Полупроводниковые компоненты модулей весьма чувствительны к перенапряжению и токовым перегрузкам. Наиболее популярные методы защиты от перенапряжений:

- использование гасящих резисторов и сглаживающих конденсаторов;
- использование гасящих цепей на стороне АС;
- использование защитных варисторов и кремниевых лавинных диодов.

Для защиты компонентов от превышения тока, помимо радиаторов с воздушным и водяным охлаждением, могут использоваться прерыватели или предохранители в мощных цепях.

Таблица 5. Размеры корпусов силовых модулей

Тип корпуса	Длина, мм	Ширина, мм	Высота, мм
223F3	92	21	30
216F3	94	34	29,2
413F3	115	50	50
417F2	100	50	52
416F3	150	60	50,5
218H5	80	39,9	27,5
219H5	80	40	27,5
221H5	110	50	29

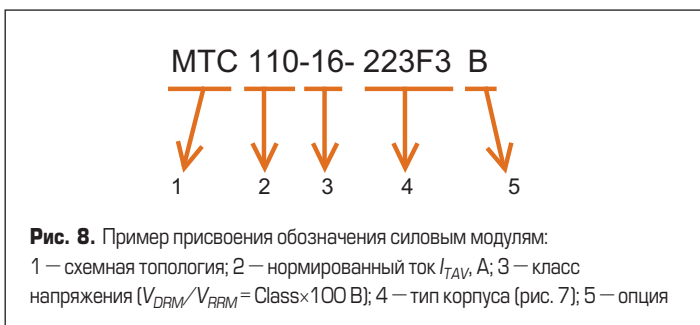


Рис. 8. Пример присвоения обозначения силовым модулям: 1 — схемная топология; 2 — нормированный ток I_{TAV} , А; 3 — класс напряжения ($V_{DRM}/V_{RRM} = \text{Class} \times 100 \text{ В}$); 4 — тип корпуса (рис. 7); 5 — опция

С целью получения более безопасных напряжений на них диоды и тиристоры можно соединять последовательно. Это важно для получения более однородного распределения напряжений на приборах. При этом напряжение на каждом диоде или тиристоре должно быть, по крайней мере, на 10% ниже, чем при применении одного прибора. При параллельном соединении диодов и тиристоров они должны иметь схожие характеристики проводимости и работать при прямых токах, не превышающих 80% от максимально допустимого значения.

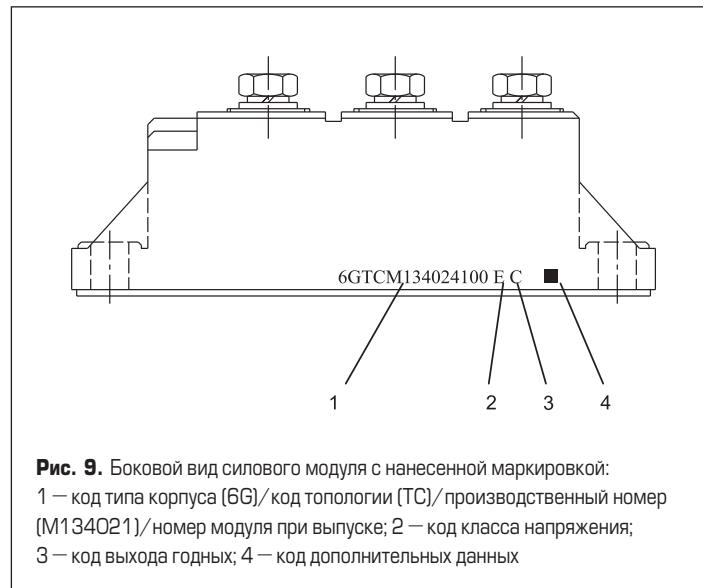


Рис. 9. Боковой вид силового модуля с нанесенной маркировкой: 1 — код типа корпуса (6G)/код топологии (ТС)/производственный номер (M134021)/номер модуля при выпуске; 2 — код класса напряжения; 3 — код выхода годных; 4 — код дополнительных данных

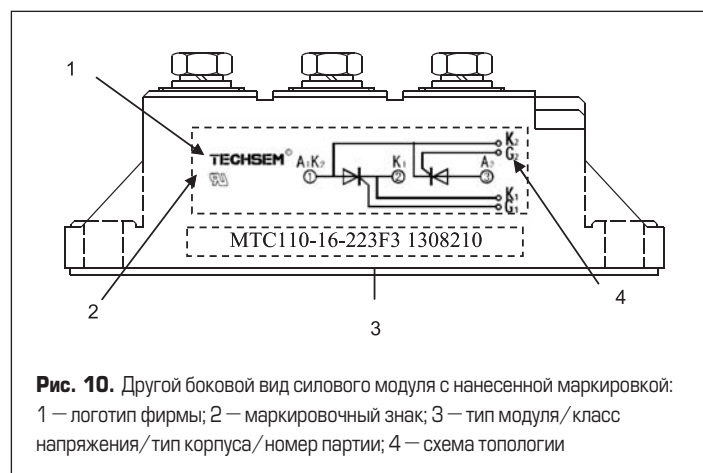


Рис. 10. Другой боковой вид силового модуля с нанесенной маркировкой: 1 — логотип фирмы; 2 — маркировочный знак; 3 — тип модуля/класс напряжения/тип корпуса/номер партии; 4 — схема топологии



Рис. 11. Внешние виды некоторых полупроводниковых сборок

- К основным техническим параметрам силовых модулей относятся:
- средний прямой ток диода $I_{F(AV)}$ /средний ток включенного тиристора $I_{T(AV)}$;
 - выброс прямого тока диода или тиристора I_{FSM} ;
 - интегральная пиковая нагрузка I^2t ;
 - повторяющееся пиковое напряжение запертого прибора V_{DRM} /повторяющееся пиковое обратное напряжение V_{RRM} ;
 - пиковая величина утечки обратного тока I_{DRM} /пиковая величина обратного реверсного тока I_{RRM} ;

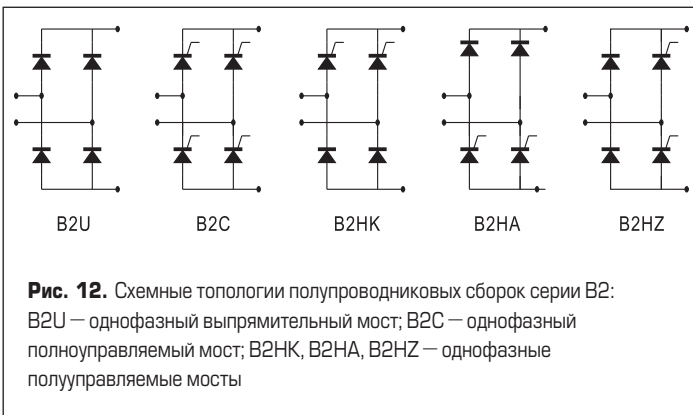


Рис. 12. Схемные топологии полупроводниковых сборок серии B2: B2U — однофазный выпрямительный мост; B2C — однофазный полностью управляемый мост; B2HK, B2HA, B2HZ — однофазные полууправляемые мосты

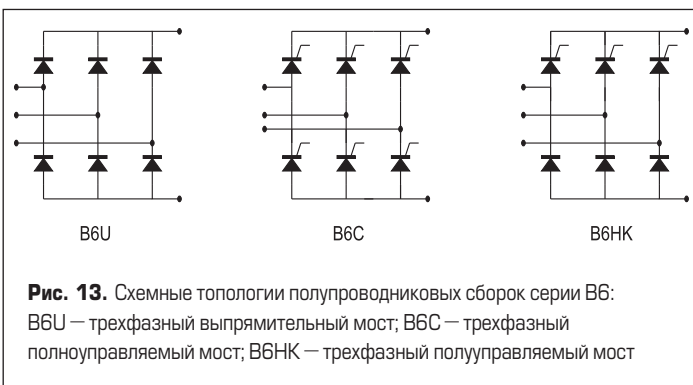


Рис. 13. Схемные топологии полупроводниковых сборок серии B6: B6U — трехфазный выпрямительный мост; B6C — трехфазный полностью управляемый мост; B6HK — трехфазный полууправляемый мост

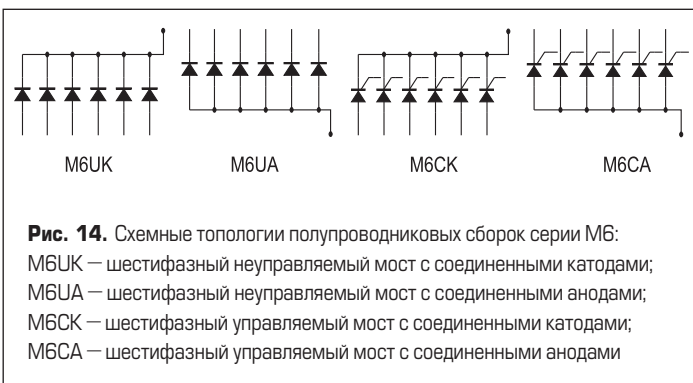


Рис. 14. Схемные топологии полупроводниковых сборок серии M6: M6UK — шестифазный неуправляемый мост с соединенными катодами; M6UA — шестифазный неуправляемый мост с соединенными анодами; M6CK — шестифазный управляемый мост с соединенными катодами; M6CA — шестифазный управляемый мост с соединенными анодами

- пороговое напряжение V_{TO} ;
 - сопротивление в проводящем направлении r_F ;
 - пиковое напряжение проводящего диода V_{FM} /открытого тиристора V_{TM} ;
 - время коммутации тока при выключении тиристора t_q ;
 - критическая скорость нарастания тока открытого тиристора di/dt ;
 - критическая скорость нарастания напряжения открытого тиристора du/dt ;
 - термическое сопротивление соединения с корпусом $R_{th(f-c)}$;
 - испытательное напряжение изоляции V_{iso} .
- Рекомендации по монтажу силовых модулей остаются такими же, как и по монтажу приборов капсульного типа.

Силовые полупроводниковые сборки

Силовые полупроводниковые сборки имеют ряд преимуществ: возможность коммутации больших токов, быстрота включения (высокое значение нарастания тока включения di/dt), высокая надежность, долговечность и относительно небольшая стоимость.

Силовые сборки представляют собой определенным образом соединенные диоды, тиристоры и динисторы (сочетание транзистора и тиристора), выполненные в виде уже упоминавшихся капсул и модулей и собранные в так называемые колонны (стеки). В соответствии с требованием заказчика такие сборные конструкции могут быть специально разработаны для обеспечения всех электрических функций, включая коммутацию и защиту.

В некоторых сборках используются приборы со структурой обратнопереключаемого динистора (Reversely Switching Dynistor, RSD), что обеспечивает возможность переключения ими очень больших токов.

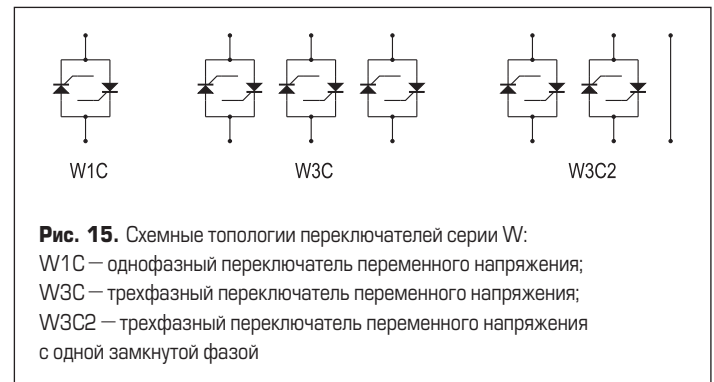


Рис. 15. Схемные топологии переключателей серии W: W1C — однофазный переключатель переменного напряжения; W3C — трехфазный переключатель переменного напряжения; W3C2 — трехфазный переключатель переменного напряжения с одной замкнутой фазой

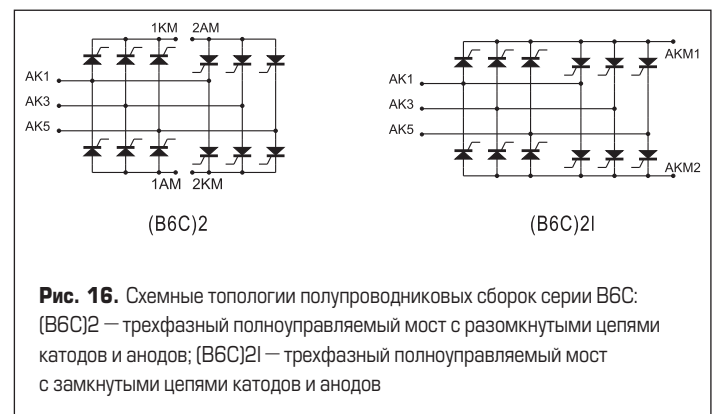


Рис. 16. Схемные топологии полупроводниковых сборок серии B6C: (B6C)2 — трехфазный полностью управляемый мост с разомкнутыми цепями катодов и анодов; (B6C)2I — трехфазный полностью управляемый мост с замкнутыми цепями катодов и анодов

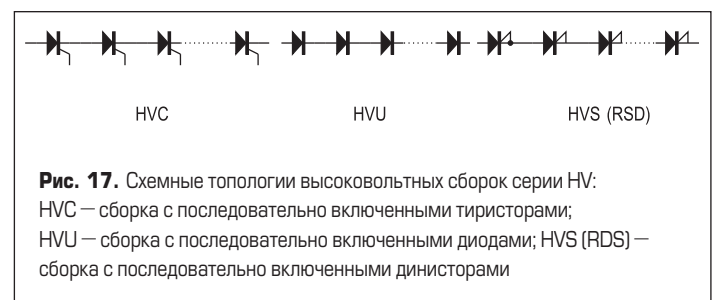


Рис. 17. Схемные топологии высоковольтных сборок серии HV: HVC — сборка с последовательно включенными тиристорами; HVU — сборка с последовательно включенными диодами; HVS (RSD) — сборка с последовательно включенными динисторами

RSD переключается коротким (1–3 мкс) импульсом обратного тока от триггерной схемы. Во время этого импульса ток протекает через полупроводниковый переход, образуя тонкий слой плазмы, которая рассасывается, когда приложенная полярность напряжения возвращается к начальному состоянию.

Внешние виды некоторых полупроводниковых сборок показаны на рис. 11.

Типы предлагаемых компанией TECHSEM силовых полупроводниковых сборок показаны на рис. 12–17. В таблице 6 приведены данные о некоторых свойствах и параметрах сборок всех указанных на рисунках серий.

Таблица 6. Свойства и параметры различных силовых полупроводниковых сборок компании TECHSEM

Метод охлаждения	Тип устройства	Тип прибора	Диапазон выходных токов I_d , А		Диапазон напряжений, В
			Серия В2		
Воздушный	Модульный	B2x-xxx-xxxFA	40–160		100–2000
		B2x-xxx-xxxFB	180–200		
		B2x-xxx-xxxFC	250–400		
	Капсульный	B2x-xxx-xxxFD	300–800		
		B2x-xxx-xxxFE	800–1200		
		B2x-xxx-xxxFF	1200–2000		
Водяной	Капсульный	B2x-xxx-xxxSA(B/C/D/E)	100–2500		
		B2x-xxx-xxxSA(F/G/H)	100–2500		
Серия В6					
Воздушный	Модульный	B6x-xxx-xxxFA	80–200		100–2000
		B6x-xxx-xxxFB	200–300		
		B6x-xxx-xxxFC	300–500		
	Капсульный	B6x-xxx-xxxFD	400–1600		
		B6x-xxx-xxxFE	1000–2000		
		B6x-xxx-xxxFF	1500–3000		
Водяной	Капсульный	B6x-xxx-xxxSA(B/C/D/E)	300–4000		
Серия В6С					
Воздушный	Модульный	(B6C)2x-xxx-xxxFA	80–150		100–2000
		(B6C)2x-xxx-xxxFB	200–260		
	Капсульный	(B6C)2x-xxx-xxxFE	800–1200		
		(B6C)2x-xxx-xxxFF	1500–2000		
Высоковольтные сборки серии HV					
Воздушный		HVx-xxx-xxxFx	50–500		3000–30000
Водяной		HVx-xxx-xxxSx	50–1000		3000–8000











Серия М6					
Метод охлаждения	Тип устройства	Тип прибора	Диапазон выходных токов для приборов типа «двойной звезды» I_d , А		Диапазон напряжений, В
			с балансной катушкой	без балансной катушки	
Воздушный	Модульный	M6x-xxx-xxxFA	150–350	130–300	100–2000
		M6x-xxx-xxxFB	450–600	350–500	
		M6x-xxx-xxxFC	800–1200	600–800	
	Капсульный	M6x-xxx-xxxFD	1500–2500	1200–2000	
		M6x-xxx-xxxFE	3000–4000	2500–3400	
		M6x-xxx-xxxFF	5000–6000	4000–5000	
		M6x-xxx-xxxFG	1500–1800	1000–1500	
		M6x-xxx-xxxSA(B/C/D/E)	500–8000	400–5000	
Водяной	Капсульный	M6x-xxx-xxxSA(B/C/D/E)	500–8000	400–5000	

Переключатели серии W					
Метод охлаждения	Тип устройства	Тип прибора	Диапазон выходных токов I_{RMS} , А		Диапазон напряжений, В
			Диапазон напряжений, В		
Воздушный	Модульный	W1C-xxx-xxxFA	90–150		100–2000
		W1C-xxx-xxxFB	200–250		
		W1C-xxx-xxxFC	300		
	Капсульный	W1C-xxx-xxxFD	400–800		
		W1C-xxx-xxxFE	1000–1200		
		W1C-xxx-xxxFF	1500–1800		
Водяной	Капсульный	W1C-xxx-xxxSA(B/C/D/E)	600–2500		
		W1C-xxx-xxxSI(J/K)	800–1200		
		W1C-xxx-xxxSL	800		
Воздушный	Модульный	W3C-xxx-xxxFB	90–150		100–2000
		W3C-xxx-xxxFC	200–250		
		W3C-xxx-xxxFD	300		
	Капсульный	W3C-xxx-xxxFE	400–800		
		W3C-xxx-xxxFA	1000–1200		
		W3C-xxx-xxxFF	1500–1800		

Радиаторы

TECHSEM выпускает широкий ассортимент радиаторов как с воздушным, так и с водяным охлаждением. В таблице 7 в качестве примера представлены некоторые из них.

Таблица 7. Радиаторы производства фирмы TECHSEM

Метод охлаждения	Тип радиатора	Внешний вид радиатора	Тип радиатора	Внешний вид радиатора
Водяной	SS11		RSS51	
	SS12			
	SS13			
	SS14			
	SS15			
	SS16			
	SS17			
	SS11BL		RSS61	
	SS12BL			
	SS13BL			
	SS14BL			
	SS15BL			
	SS16BL			
	SS17BL			
	RSS11		DSS3	
	RSS21		DSS5	
	RSS41		DSS8	
RSS31		HSS3		
Воздушный	SF12		Wxx	
	SF13			
	SF14			
	SF15			
	SF16			
	SF17			

Литература

1. www.tech-sem.com
2. Technical Information Techsem Capsule Device
3. Technical Information Techsem Module
4. www.ic-contract.ru/services/lines/item/661-tech-semiconductors-co-ltd-techsem.html