

Двойные тиристорные модули IXYS

Игорь Васильев, инженер по применению продукции IXYS компании СЭА

E-mail: info@sea.com.ua

Наиболее высокие требования в силовой электронике предъявляются к надежности оборудования и его энергетической эффективности. В связи с этим в последнее время все более популярными становятся силовые модули. В данной статье рассмотрены основные типы двойных тиристорных модулей производства корпорации IXYS.

Тиристоры — это четырехслойные (p-p-r-n) кремниевые полупроводниковые приборы с внутренней положительной обратной связью (эффект «защелкивания» или триггерный эффект), имеющие два устойчивых состояния. В зависимости от характера вольтамперной характеристики и способа управления тиристоры разделяют на следующие типы:

- диодные (динисторы);
- триодные тиристоры (SCR — Silicon Control Rectifier);
- запираемые тиристоры (GTO — Gate Turn Off);
- оптронные тиристоры (оптотиристоры);
- симметричные тиристоры (симисторы или триаки);
- оптронные симисторы.

Триодные тиристоры (или просто тиристоры) в зависимости от расположения управляющего электрода (УЭ/Gate — G), делятся на тиристоры с катодным управлением и тиристоры с анодным управлением. В силовых тиристорах в основном используется катодное управление, при котором управляющее напряжение приложено между УЭ и катодом.

Эти приборы имеют ряд существенных особенностей. Управление осуществляется только процессом включения приборов, то есть после включения УЭ теряет свои свойства в части запираения (за исключением запираемых тиристоров). Для выключения тиристора необходимо, чтобы неосновные носители, накопленные в базовых областях анода (A) и катода (K), рекомбинировали. В противном случае эти носители могут привести к появлению базового тока и повторному включению тиристора. При

выключении существует условие ограничения скорости нарастания приложенного обратного напряжения, поскольку быстрое увеличение запирающего напряжения может привести к появлению достаточно большого для переключения тиристора тока смещения, пропорционального емкости его p-n-переходов. Практически выключить тиристор можно только понизив ток в силовой цепи (A-K) до значения, меньшего тока удержания (holding current), или сделав напряжение на аноде обратным. При этом скорости изменения напряжения $(dv/dt)_c$ и тока $(di/dt)_c$ в силовой цепи не должны превышать допустимых (критических) значений этих параметров с учетом максимальной рабочей температуры приборов.

К достоинствам тиристоров, кроме простоты включения, можно отнести низкие потери проводимости, высокую перегрузочную способность и надежность. Они могут соединяться как параллельно, так и последовательно.

Основные электрические параметры тиристоров:

- для силовой цепи:
 - максимально допустимое обратное повторяющееся напряжение или прямое напряжение в закрытом состоянии;
 - максимально допустимый средний выпрямленный (среднеквадратичный) ток;
 - максимально допустимый импульсный ток — для повторяющихся или единичных импульсов (за время, мс);
 - максимальный ток удержания во включенном состоянии;
 - прямое падение напряжения на включенном тиристоре;

- максимально допустимая (критическая) скорость нарастания тока во включенном состоянии;
- максимально допустимая (критическая) скорость нарастания напряжения в закрытом состоянии;
- для цепи управления:
 - максимальное напряжение управления;
 - максимальный ток управления;
- параметры быстродействия;
- время задержки сигнала по управляющему электроду;
- время выключения.

Тиристоры являются приборами, критичными к скоростям нарастания прямого тока (di/dt) и прямого напряжения (dv/dt) , поэтому для ограничения скорости нарастания тока и напряжения рекомендуется применение специальных защитных цепей. При этом индуктивный реактор (дроссель) для ограничения (di/dt) при включении тиристора должен устанавливаться последовательно с прибором (в большинстве случаев внутреннее индуктивное сопротивление источников напряжения, входящих в цепь включенного тиристора, оказывается достаточным, чтобы не вводить допол-

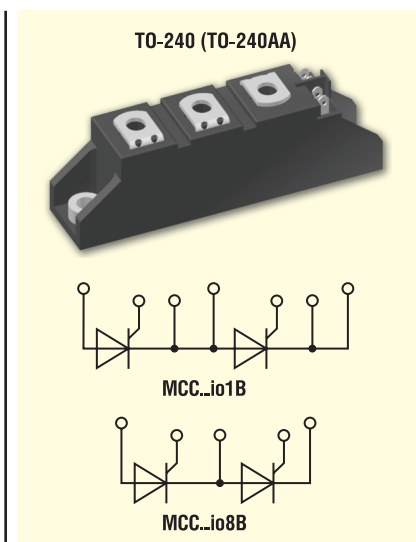


Рис. 1. Двойные тиристорные модули IXYS ($I_{TAV} = 18-116$ А)

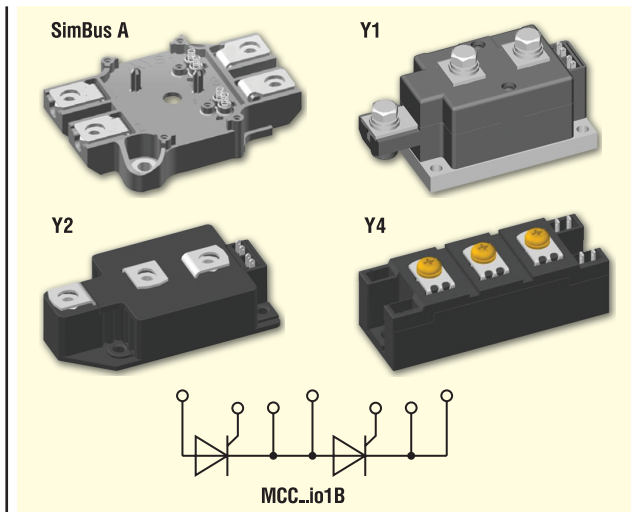


Рис. 2. Двойные тиристорные модули IXYS ($I_{TAV} = 130-320 \text{ A}$)

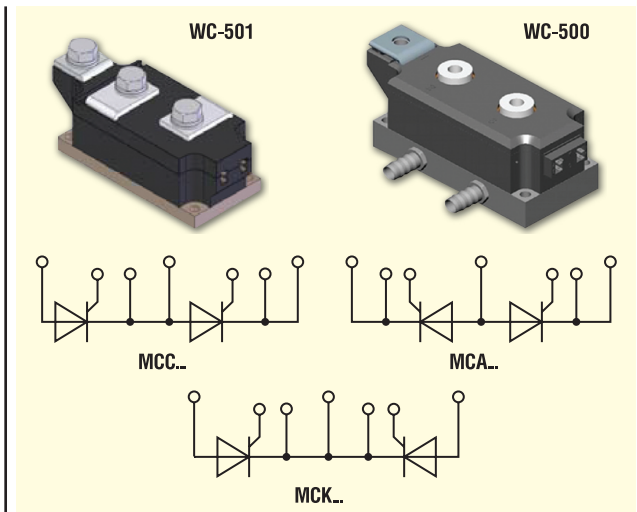


Рис. 3. Двойные тиристорные модули IXYS ($I_{TAV} = 327-700 \text{ A}$)

нительную индуктивность LS). Цепи типа RC – демпфер или чаще RCD – снаббер, используемые для ограничения (dv/dt), подключаются параллельно защищаемому прибору (выводы А-К). Кроме того, параллельно этим выводам иногда включается быстродействующий блокирующий диод, а также может устанавливаться варистор для ограничения возможных импульсных высокочастотных

перенапряжений. В настоящее время вследствие конкуренции тиристорных модулей с силовыми MOSFET и IGBT нижняя граница области промышленного применения тиристоров «сместилась» к диапазону мощностей в десятки киловатт. Прежде всего это сверхмощные источники питания, регуляторы напряжения, электроприводы постоянного тока, сварочное оборудование,

нагревательные установки и др. Вместе с тем в изделиях бытового назначения (регуляторы переменного напряжения и т.д.) тиристоры продолжают успешно применяться благодаря их невысокой стоимости и высокой надежности.

Тиристоры производства IXYS доступны в различных исполнениях и корпусах. В этой статье мы рассмотрим двойные тиристорные модули.

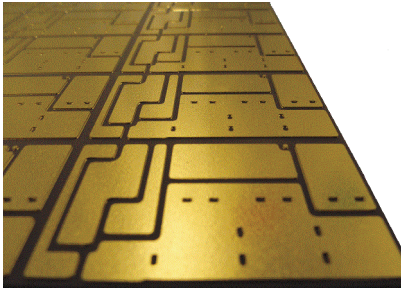


Рис. 4. Медно-керамические подложки DCB

Двойные тиристорные модули IXYS можно условно разделить на три группы по максимально допустимому среднему выпрямительному току:

- $I_{TAV} = 18-116$ А (а также — новый модуль MСМА140Р1600ТА $I_{TAV} = 140$ А), представлены в корпусах ТО-240 в двух вариантах распиновки (рис. 1);
- $I_{TAV} = 130-320$ А, доступны в четырех вариантах исполнения корпусов (рис. 2);
- $I_{TAV} = 327-700$ А доступны в двух вариантах корпусов и трех вариантах распиновки (рис. 3).

Тиристорные модули изготавливаются по технологии DCB (direct copper bonding) — прямое соединение керамической подложки с медью при высоких температурах.

Для изготовления подложки DCB (рис. 4) на медную поверхность толщиной около 0.3 мм сверху и снизу эвтектически наплавляют оксид алюминия Al_2O_3 или нитрид алюминия AlN при температуре свыше 1000 °С (толщиной 0.25–1.0 мм). После необходимой разводки схема модуля вытравливается на верхней части медной поверхности, кристаллы припаиваются и контакты кристалла подключаются перемычками. Нижняя часть DCB-керамической подложки припаивается прямо к основной пластине модуля.

Преимущества DCB-технологии заключаются в следующем: высокая про-

Таблица 1. Основные параметры MСC95-08io1			
Параметр	Описание	Условие	Значение
Фаза			1
Кол-во тириستоров			2
V_{RBM} , В	Повторяющееся импульсное напряжение в закрытом состоянии и повторяющееся импульсное обратное напряжение		800
I_{TAV} (макс.), А	Максимально допустимый средний ток в открытом состоянии и средний прямой ток	$T_c = 85$ °С	116
I_{TRSM} , А	Действующий ток в открытом состоянии и действующий прямой ток		180
I_{TSM} (макс.), А	Ударный ток в открытом состоянии и ударный прямой ток, не менее	(45 °С, 10 мс)	2250
V_{TOT} , В	Пороговое напряжение		0.8
r_{Tj} , МОм	Динамическое сопротивление в открытом состоянии		2.4
T_{VM} , °С	Максимально допустимая температура перехода		125
R_{thJC} , К/Вт	Тепловое сопротивление переход – корпус, не более		0.22
R_{thCH} , К/Вт	Тепловое сопротивление корпус – контактная поверхность охладителя		0.2
V_{ISO} , В	Электрическая прочность изоляции между беспотенциальным основанием модуля и его выводами (действующее значение)		3600
T_j , °С	Допустимая температура перехода		от -40 до 125
$(di/dt)_{cr}$, А/мкс	Критическая скорость нарастания тока в открытом состоянии, не менее	(повторяющийся прямой ток 250 А)	150
$(dv/dt)_{cr}$, В/мкс	Критическая скорость нарастания напряжения в закрытом состоянии, не менее		1000
I_{HT} , mA	Ток удержания, не более		200
t_{gr} , мкс	Время выключения, не более		185
t_{gd} , мкс	Время задержки сигнала по управляющему электроду		2
V_{GT} , В	Отпирающее постоянное напряжение управления, не более	$T_{vj} = 25$ °С	2.5
		$T_{vj} = -40$ мС	2.6
I_{GT} , mA	Отпирающий постоянный ток управления, не более	$T_{vj} = 25$ °С	150
		$T_{vj} = -40$ °С	200
Корпус			ТО-240AA
Вес, кг		включая винты	0.09

водимость тока благодаря слою меди, хорошие условия охлаждения благодаря керамическому материалу, высокая адгезионная сила меди к керамике (надежность) и оптимальная теплопроводность керамического материала.

Рассмотрим более детально основные характеристики модуля, пользующегося наибольшей популярностью — MСC95-08io1 (рис. 5, табл. 1):

Особенности:

- международный стандарт упаковки, JEDEC K-240 AA;
- подложка из DCB-керамики с Al_2O_3 изоляцией, хорошей температурной проводимостью и высоким изоляционным напряжением;
- пассивированный кристалл, изготовленный по планарной технологии;
- напряжения изоляции ~3600 В;
- UL регистрация, E 95873;
- катодное управление.

Применение:

- управление электродвигателем постоянного тока;
- плавный пуск электродвигателя переменного тока;
- контроль освещения, нагрева и температуры.

Преимущества:

- размеры и небольшой вес;
- простой монтаж с помощью двух винтов;
- расширенный температурный диапазон и маневренный режим мощности.
- уменьшение схем защиты.

Компания СЭА, как официальный дистрибьютор IXYS на территории Украины, проводит технические консультации, поддерживает склад наиболее востребованной продукции, а также предоставляет образцы для предприятий, планирующих серийное производство:
тел.: (044) 291-00-41,
e-mail: info@sea.com.ua

Литература:

1. Ланцов В., Эраносян С. Электронная компонентная база силовых устройств. Часть 2//Силовая электроника. 2010. № 1.
2. www.ixys.com
3. Emerald, P.; Greenland, P.: «Power Multi-Chip Modules», PCIM Europe, Sep./Oct. 1995, pp. 242-246.

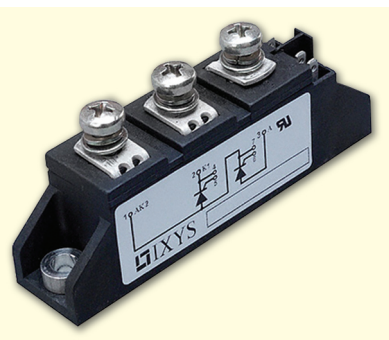


Рис. 5. MСC95-08io1