



Константин Староверов

НАСЛЕДИЕ IR: ТИРИСТОРЫ

В статье приводится обзор ассортимента выпускаемых компанией **Vishay** тиристоров из производственной линии **International Rectifier** в разрезе их потенциальных областей применения.

Тиристоры как коммутационные элементы в настоящее время испытывают жесткую конкуренцию среди прочих силовых полупроводников, в т.ч. транзисторы MOSFET и IGBT. Это связано не только с улучшенными техническими и функциональными возможностями схем на указанных транзисторах, но и с непрерывно ужесточающимися требованиями к электромагнитной совместимости. Тем не менее, еще существует ряд применений, где использование тиристоров как минимум более выгодно по экономическим соображениям, а порой и безальтернативно. Во многих из таких применений могут использоваться тиристоры из производственной линии International Rectifier, права на производство которых выкупила компания Vishay в 2007 году. Если следовать общепринятой классификации тиристоров, то в выпускаемый Vishay ассортимент входят только триодные тиристоры (тринисторы или SCR) и модули на их основе. Такие тиристоры имеют три вывода: анод,

катод и управляющий электрод, и могут находиться в одном из двух устойчивых состояний: закрытое (исходное состояние) и открытое с протеканием тока в одном направлении. Весь ассортимент тиристоров удобно разделять по конструктивному исполнению и быстродействию (см. таблицу 1).

Все тиристоры Vishay характеризуются достаточно быстрым временем включения, которое составляет единицы микросекунд, поэтому, под быстродействующими тиристорами понимаются приборы с малым временем отключения t_q (для тиристоров Vishay лежит в пределах 10...30 мкс). Такие тиристоры применяются в преобразовательной технике с принудительной коммутацией, в которой переключение тиристоров нужно осуществлять с частотой выше частоты питающей сети. Несмотря на то, что тиристорные преобразователи по ряду параметров уступают преобразователям на основе IGBT- и мощных MOSFET-транзисторов, тем не менее, при токах ориентировочно

более 100 А и напряжении свыше 1 кВ применение тиристоров может оказаться выгодным в ценовом плане. Тиристоры с более высокими значениями t_q предназначены для реализации тиристорных коммутаторов и фазовых регуляторов напряжения (ФРН). Помимо низкой стоимости, применение тиристоров в этих применениях обеспечивает высокую кратковременную перегрузочную способность по току, что упрощает требования к быстродействию схемы токовой защиты и повышает надежность при коммутации таких нагрузок, как асинхронные электродвигатели, которым свойственны большие пусковые токи (могут в 8 раз превышать номинальные токи). Схемы силовых каскадов наиболее распространенных фазовых регуляторов напряжения представлены на рисунке 1. Схема фазового управления переменным напряжением (рис. 1а) широко используется для управления яркостью свечения осветительных устройств (диммеры), в устройствах плавного запуска асинхронных электродвигателей, для регулировки мощности нагревательных элементов и др. Кроме того, эта же схема используется для построения тири-

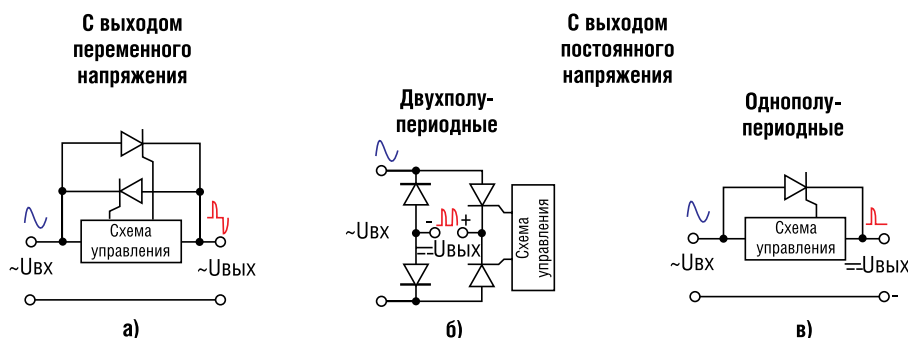


Рис. 1. Примеры типичных фазовых регуляторов напряжения на тиристорах

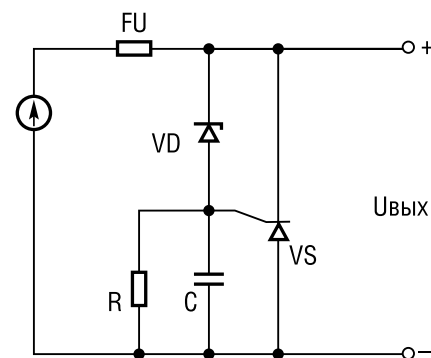
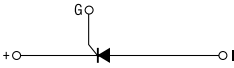
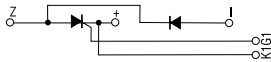
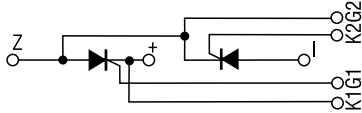
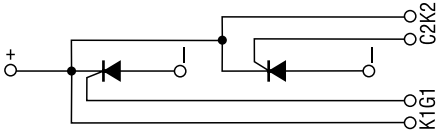
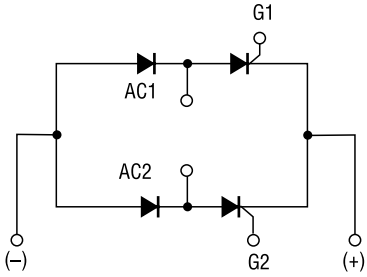
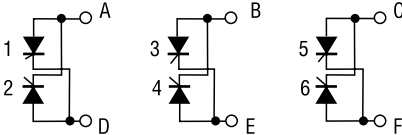
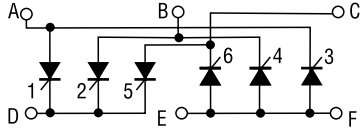


Рис. 2. Пример тиристорной схемы защиты нагрузки от действия повышенных напряжений

Таблица 1. Серии тиристоров Vishay из производственной линии IR

Для фазового управления ($t_q \geq 100$ мкс)				Быстродействующие ($t_q = 10 \dots 30$ мкс)			
Корпус	Серия	IT(RMS)/ IT(AV) [A]	VDRM [В]	Корпус	Серия	IT(RMS)/ IT(AV) [A]	VDRM [В]
Для выводного монтажа на печатную плату							
TO-220	10TTS08	10/6,5	800		—		
TO-220	12TTS08	12/8	800				
TO-220/FP	16TTS08	16/10	800				
TO-220/FP	25TTS08	25/16	800				
TO-247AC	30TTS08	30/20	800				
TO-247AC	40TTS08/16	55/35	800, 1600				
Super-247	70TTS12	75/70	1200				
Для поверхностного монтажа на печатную плату							
D2PAK	10TTS08S	10/6,5	800		—		
D2PAK	16TTS08S	16/10	800				
D2PAK	25TTS08S	25/16	800				
Металло-стеклянный под гайку							
TO-208AA (TO-48)	16RIA	35/16	100, 200, 400, 600, 800, 1000, 1200	TO-209AC (TO-94)	ST083S	135/85	1200
TO-208AA (TO-48)	22RIA	35/22	—	TO-209AC (TO-94)	ST103S	165/105	800
TO-208AA (TO-48)	25RIA	40/25	—	TO-209AB (TO-93)	ST183S	306/195	800
TO-209AC (TO-94)	80RIA	125/80	400	TO-209AB (TO-93)	ST280S	440/280	400, 600
TO-209AC (TO-94)	ST110S	175/110	400	TO-209AE (TO-118)	ST303S	471/300	1200
TO-209AC (TO-94)	110RK140	172/110	400	TO-209AB (TO-93)	ST173S	610/330	1200
TO-209AB (TO-93)	ST180S	314/200	400, 800, 1200, 1600, 2000	—	—	—	—
TO-209AB (TO-93)	ST230S	360/230	400, 800, 1200, 1400, 1600	—	—	—	—
TO-209AE (TO-118)	ST300S	470/300	1200, 2000	—	—	—	—
TO-209AE (TO-118)	ST330S	520/330	400, 800, 1200, 1400, 1600	—	—	—	—
Таблетка							
TO-200AB (A-PUK)	ST180C-C	660/350	400, 800, 1200, 1600, 1800, 2000	TO-200AB (A-PUK)	ST173C10CFK0	330	1000
TO-200AB (A-PUK)	ST230C-C	780/410	400, 800, 1200, 1400, 1600	TO-200AB (A-PUK)	ST183C-C	370	400, 800
TO-200AB (A-PUK)	ST280C-C, ST280CH-C	960/500 1130/500	400, 600	TO-200AB (A-PUK)	ST203C-C	370	1200
TO-200AC (B-PUK)	ST300C-L	1115/560	400, 800	TO-200AC (B-PUK)	ST303C-L	515	400, 800, 1000, 1200
TO-200AB (E-PUK)	ST300C-C	1290/650	400, 800	TO-200AB (E-PUK)	ST303C-C	620	400, 1000, 1200
TO-200AC (B-PUK)	ST330C04L0	1230/650	400	TO-200AB (E-PUK)	ST333C04CFL0	720	400
TO-200AB (E-PUK)	ST330C-C	1420/720	400, 800, 1200, 1400, 1600	—	—	—	—
TO-200AC (B-PUK)	ST700C-L	1857/910	1200, 1600, 1800, 2000	—	—	—	—
TO-200AC (B-PUK)	ST733C-L	1900/940	800	—	—	—	—
TO-200AB (E-PUK)	ST380C-C, ST380CH-C	1900/960 2220/960	400, 600	—	—	—	—
TO-200AC (B-PUK)	ST730C-L	2000/990	800, 1200, 1400, 1600, 1800	—	—	—	—
TO-200AC (B-PUK)	ST780C-L	2700/1350	400, 600	—	—	—	—
A-24 (K_PUK)	ST1200C-K	3080/1650	1200, 1400, 1600, 1800	—	—	—	—
A-24 (K_PUK)	ST1230C-K	3200/1745	800, 1200, 1400	—	—	—	—

Таблица 2. Тиристорные и диодно-тиристорные модули для фазовых регуляторов напряжения

Серия	IT(AV)	VDRM	Схема	Корпус
Одиночные тиристоры				
T50RIA100	50	1000		T-MODULE
Пары тиристор-тиристор, диод-тиристор				
<i>Схема H</i>				
VSKH170-04	170	400		MAGN-A-Pak
VSKH500-12	500	1200		Super MAGN-A-Pak
<i>Схема T</i>				
VSKT26	27	400...1600		ADD-A-Pak
VSKT41	45	400...1600		ADD-A-Pak
VSKT71	75	400...1600		ADD-A-Pak
VSKT105	105	400...1600		ADD-A-Pak
VSKT136	135	400...1600		INT A PAK
VSKT152-04	150	400		INT A PAK
<i>Схема U</i>				
VSKU105	105	400...1200		ADD-A-Pak
VSKU41	45	800, 1600		ADD-A-Pak
VSKU71	75	400...1600		ADD-A-Pak
VSKU_V105P	105	400		ADD-A-Pak
Однофазные мосты				
P101	25	400		PACE-Pak
P401	40	400		PACE-Pak
Трехфазные коммутаторы				
104МТКВ	90	1000...1600		МТК
Трехфазные мосты				
113МТКРВФ	110	800...1600		МТК

сторного коммутатора для цепей переменного тока. Если достаточно иметь диапазон регулировки от 50 до 100%, то один из тиристоров на схеме можно заменить диодом. Такие схемы обычно называют маловентильными. Для регулировки частоты вращения электродвигателей постоянного тока, тока заря-

да аккумуляторных батарей, сварочного тока и др. применяются ФРН с выходом постоянного напряжения. Они представляют собой управляемые двух- и однополупериодные мосты (рис. 16 и 1в соответственно).

Для реализации тиристорных коммутаторов напряжения и ФРН

средней мощности (от единиц киловатт до нескольких десятков киловатт) идеально подходят тиристоры в корпусах для выводного (ТО-220, ТО-247) и поверхностного монтажа (D2PAK), которые образуют семейство SafeIR. Решения на их основе будут отличать конкурентная стоимость и

простота серийного производства. Среди данного семейства имеются два тиристора (из серий 16TTS и 25TTS), которые доступны в изолированных корпусах TO-220FP. Такие тиристоры выгодно использовать, когда на одном радиаторе необходимо охлаждать несколько полупроводниковых приборов. Однако недостатком корпуса TO-220FP является его повышенное тепловое сопротивление корпус-теплоотвод: 1,5 К/Вт у TO-220FP против 0,5 К/Вт у неизолированного TO-220AC. Это может повлиять на повышение температуры перехода или на необходимость увеличения габаритов теплоотвода. Если ни то, ни другое недопустимо, а охлаждать несколько приборов на одном радиаторе желательнее, можно воспользоваться модулем из серии T..RIA (см. таблицу 2), в который входит один тиристор, изолированный от контактирующей с радиатором металлической пластины. Тепловое сопротивление корпус-теплоотвод у этого прибора составляет всего лишь 0,2 К/Вт. Семейство SafeIR замыкает 70-амперный тиристор 70TTS12. Обычно тиристоры для выводного монтажа на такие токи выпускаются в корпусе типоразмера TO-264 и более, поэтому, применение 70TTS12 позволит существенно уменьшить занимаемое пространство, т.к. используемый для его производства корпус SUPER-247, обладая размерами стандартного корпуса TO-247, позволяет рассеивать мощность, типичную для корпусов более крупных типоразмеров. Также важно обратить внимание, что у тиристора 70TTS средний ток $I_T(AV)$ и $I_T(RMS)$ практически одинаковы, хотя обычно действующий ток более чем в 1,5 раза превышает средний. Это связано с ограничением по нагреву выводов для корпуса SUPER-247, т.к. именно квадрат действующего тока определяет потери мощности на всех резистивных элементах тиристора, в т.ч. и на его выводах.

Тиристоры из семейства SafeIR, помимо рассмотренных применений, также могут использоваться в ответственных применениях для защиты нагрузок от действия повышенных напряжений. При-

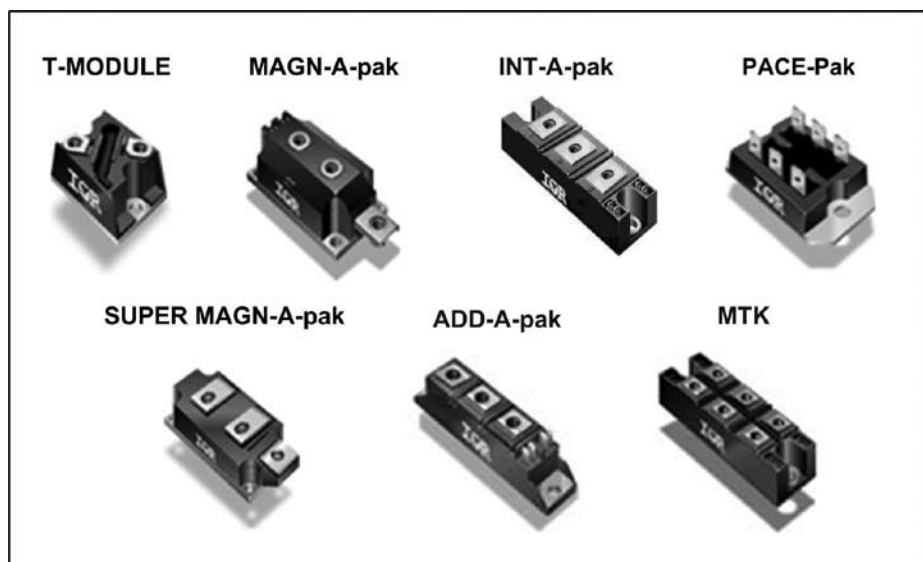


Рис. 3. Внешний вид корпусов модулей Vishay

мер такой схемы показан на рисунке 2. Тиристор VS срабатывает, если напряжение $V_{вых}$ станет выше напряжения стабилизации стабилитрона VD. В этом случае тиристор создает необратимое короткое замыкание на выходе вплоть до перегорания предохранителя FU. Резистор R выполняет роль подтягивающего резистора к запирающему уровню и необходим для повышения помехоустойчивости, а конденсатор С необходим для снижения быстродействия схемы (без него или при его недостаточной емкости схема может давать ложные срабатывания при подаче и снятии напряжения питания). Подобные схемы обычно применяются в выходных каскадах импульсных преобразователей напряжения дорогостоящего телекоммуникационного и серверного оборудования. Наиболее типичной причиной устойчивых перенапряжений в таких системах является повреждение цепи обратной связи по напряжению импульсного преобразователя напряжения или логики его управления. Данная защита обычно является резервной и, поскольку, носит необратимый характер, то вступает в силу только, если прочие средства не позволяют устранить выявленное перенапряжение. Кроме того, такая схема при условии трехкратного резервирования может выступать гарантом применения модулей DC/DC-преобразователей в искробезопасных источниках

электропитания, т.к. она ограничивает область возможных значений выходного напряжения до искробезопасного уровня и блокирует работу источника питания при любых повреждениях DC/DC-преобразователя, связанных с увеличением выходного напряжения.

Тиристоры для применений средней мощности также доступны в металлостеклянных корпусах. Данные типы корпусов скорее можно назвать наследуемыми, чем современными. Ввиду своей повышенной механической прочности они рекомендованы для использования в аэрокосмических и военных применениях. Благодаря металлической конструкции данный корпус также обладает лучшими теплорассеивающими свойствами, чем пластиковые корпуса.

Для высокомоощных применений в ассортименте Vishay имеются тиристоры опять-таки в металлостеклянных корпусах, а также в корпусах типа «таблетка» и в виде тиристорных и диодно-тиристорных модулей. Тиристоры в корпусах типа «таблетка» характеризуются наибольшей коммутационной способностью, но, при этом, характеризуются и наиболее сложным монтажом, который требует специальных деталей для крепления и подключения к силовым токоведущим шинам/проводникам.

Избавиться от этой специфики позволяют тиристорные и диодно-

тиристорные модули, которые были разработаны для наиболее типичных применений и реализуют в себе часть силовой схемы или даже всю силовую схему, таким образом, не только сокращая количество элементов в схеме, но и упрощая электрическую разводку силовых проводников. Благодаря этому, существенно облегчается производство, наладка, техническое обслуживание и ремонт системы. Информация по выпускаемым Vishay модулям для применения в коммутаторах и ФРН представлена в таблице 2. Они охватывают наиболее типичные однофазные и трехфазные применения. Например, управляемые однофазные мосты P101, P401, по сути, являются завершенной силовой частью для управления мощными электродвигателями постоянного тока, а модуль 104МТКВ может использоваться в качестве коммутатора трехфазной нагрузки или в устройствах плавного запуска асинхронных электродвигателей.

Для применений с быстродействующей коммутацией Vishay

выпускает 200-амперный диодно-тиристорный модуль IRKHF200 в корпусе MAGN-A-рак. Время отключения входящего в его состав тиристора не превышает 25 мкс. Встроенные приборы соединены по схеме «Н», идентичной приведенной в таблице 2.

Общей чертой и преимуществом всех рассмотренных модулей является то, что подключаемое к теплоотводу их металлическое основание изолировано от электрической части (напряжение изоляции в общем случае лежит в пределах от 2,5 до 4 кВ действующего значения переменного напряжения). Это позволяет подключать несколько силовых приборов на общий радиатор, упрощает проектирование конструкции аппарата и выполнение требований электробезопасности. Внешний вид корпусов модулей показан на рисунке 3.

Таким образом, компания Vishay выпускает широкий ассортимент тиристорных для однофазных и трехфазных применений средней и большой мощности,

различающихся по быстродействию коммутации, конструктивному исполнению и электрическим характеристикам. К числу таких применений относятся регуляторы напряжения/мощности для управления осветительными устройствами, электроприводами, нагревательными элементами и др.; сварочные аппараты, зарядные устройства и многое другое. Тиристоры Vishay в пластиковых корпусах также прекрасно подходят для защиты цепей постоянного тока от перенапряжений. Более детальная информация о технических характеристиках рассмотренных тиристорных и документация на них доступны по ссылке [1].

Литература

1. Техническая информация и документация по тиристорам Vishay на сайте www.vishay.com/irf-products/.

Получение технической информации, заказ образцов, поставка — e-mail: power.vesti@compel.ru

ДИОДНО-ТИРИСТОРНЫЕ МОДУЛИ



- Однофазные диодно-тиристорные мосты **P101, P401** – для управления мощными электродвигателями постоянного тока
- Тиристорный модуль **104МТКВ** – для коммутации трехфазной нагрузки или для устройств плавного запуска асинхронных электродвигателей