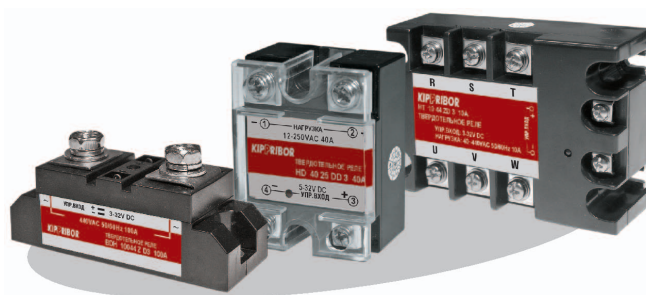


Твердотельное реле (ТТР)

это современное полупроводниковое устройство, которое предназначено для бесконтактной коммутации силовых цепей исполнительных механизмов, преимущественно нагревательных элементов (ТЭН), осветительных приборов и маломощных электродвигателей.



Области применения твердотельных реле

Роль твердотельных реле в современных системах автоматики и управления переоценить трудно. В последние годы в различных областях техники: автомобильной электронике, системах связи, бытовой электронике и промышленной автоматике происходит интенсивная замена электромагнитных реле и контакторов на их электронные твердотельные аналоги.

Однофазные и трехфазные твердотельные реле применяются в различных производственных процессах: управлении лампами накаливания, нагревательными элементами, маломощными электродвигателями, электромагнитами, соленоидными клапанами, а также иными исполнительными устройствами. Применение твердотельных реле обеспечивает высокую надежность и увеличивает срок службы систем управления технологическим оборудованием.

Твердотельные реле KIPRIBOR перекрывают диапазоны номинальных токов от 5 до 250 А.

Преимущества твердотельных реле по сравнению с электромагнитными реле и контакторами

- ВЫСОКАЯ НАДЕЖНОСТЬ**, обусловленная отсутствием механических контактов, подтверждается высокой наработкой на отказ;
- НЕИЗМЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ** в течение всего срока службы;
- ОТСУТСТВИЕ ДРЕБЕЗГА КОНТАКТОВ**, искр и электрической дуги при коммутации, что значительно снижает внутрисхемный уровень помех в аппаратуре и обеспечивает стабильность её работы;
- ОТЛИЧНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ** изоляционных свойств между управляющими и силовыми цепями (до 4 кВ), высокое сопротивление изоляции корпуса;
- НИЗКОЕ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕ**: твердотельные реле потребляют электроэнергии значительно меньше, чем электромагнитные реле и контакторы;
- ОТСУТСТВИЕ** акустического шума;
- ВЫСОКОЕ БЫСТРОДЕЙСТВИЕ**;
- МАЛЫЕ ГАБАРИТЫ** и вес.

Номенклатура твердотельных реле представлена сериями однофазных и трехфазных реле: MD, HD, HDH, BDH, HT.

Выбор необходимой модели твердотельного реле зависит от ряда факторов, среди которых основными являются:

- ток нагрузки;
- тип нагрузки;
- величина питающего напряжения;
- тип управляющего сигнала.

Таблица модификаций твердотельных реле

	Серия	Тип реле	Тип управляющего сигнала	Номинальные токи	Коммутируемое напряжение	Выходной элемент (ключ)	Рекомендуемый тип нагрузки												
	MD	однофазное MDxxxxZD3	Напряжение 3...32 V DC	5 A, 10 A, 15 A	40...440 V AC	Симистор (TRIAC)	нагревательные элементы, лампы накаливания, катушки клапанов, соленоидов												
	HD	однофазное HDxxxxZD3	Напряжение 3...32 V DC	10 A, 25 A, 40 A		Симистор (TRIAC)	нагревательные элементы, лампы накаливания, катушки клапанов, соленоидов												
		однофазное HDxxxxZA2	Напряжение 90...250 V AC	10 A, 25 A, 40 A		Симистор (TRIAC)													
				60 A, 80 A		Тиристор (Thyristor)													
		однофазное HDxxxxDD3	Напряжение 3...32 V DC	10 A, 25 A, 40 A	20...250 V DC	Транзистор (Transistor)	управление нагрузкой постоянного тока												
	HDH	однофазное HDHxxxxZD3	Напряжение 3...32 V DC	60 A, 80 A, 100 A, 120 A	40...440 V AC	Симистор (TRIAC)	нагревательные элементы, лампы накаливания												
								однофазное HTxxxxZA2	Напряжение 90...250 V AC	10 A, 25 A, 40 A	60 A, 80 A	Тиристор (SCR)	маломощные однофазные электродвигатели, лампы накаливания, катушки клапанов, соленоидов						
														однофазное HTxxxxZD3	Напряжение 3...32 V DC	10 A, 25 A, 40 A	60 A, 80 A, 100 A, 120 A	Симистор (TRIAC)	маломощные асинхронные электродвигатели, нагревательные элементы, лампы накаливания

Изучив преимущества твердотельных реле (ТТР), рассчитаем предполагаемый экономический эффект.

Преимущество и надежность твердотельных реле перед электромагнитными пускателями можно показать простым арифметическим расчетом.

Предположим, что мы используем контактор для коммутации цепи питания нагревательного элемента, который поддерживает температуру в технологическом процессе при помощи ПИД-регулятора. Допустим, что контактор рассчитан на номинальный ток 150 А. В среднем при таком режиме работы контактор включает нагревательный элемент 10 раз в минуту. Число циклов коммутации контактора, рассчитанного на такие токи в среднем составляет 1 200 000 циклов.

Рассчитаем сколько раз будет срабатывать контактор за один рабочий день (8 часов):

1. За один час контактор будет срабатывать:

$$10 \times 60 = 600 \text{ раз,}$$

где 10 – количество включений в минуту, 60 – минут в 1 часе

2. За один рабочий день контактор будет срабатывать:

$$600 \times 8 = 4\,800 \text{ раз,}$$

где 600 – количество включений контактора в час, 8 – количество часов

3. Разделив количество возможных циклов коммутации контактора (справочные данные) на количество срабатываний за один рабочий день, мы получим количество дней, которое контактор сможет функционировать:

$$\frac{1\,200\,000}{4\,800} = 250 \text{ дней,}$$

где 1 200 000 – ресурс контактора (количество циклов), 4800 – количество включений в день.

Исходя из расчетов, можно сделать вывод, что контактор будет находиться в рабочем состоянии меньше года, в то время как твердотельное реле, при соблюдении температурного режима, может работать десятилетиями, не производя шума, искрения контактов и электромагнитных помех, оказывающих влияние на работу оборудования, находящегося рядом.

Финансовые затраты на контактор:

Стоимость контактора РМУ15022М составляет 5 700 рублей.

В год необходимо произвести 2 замены.

Итого: $5\,700 \times 2 = 11\,400$ рублей.

За три года эксплуатации оборудования мы заменим 6 контакторов и наши затраты будут равны: $5\,700 \times 6 = 34\,200$ рублей (без учета простоя оборудования и оплаты труда технической службе).

Финансовые затраты на твердотельное реле:

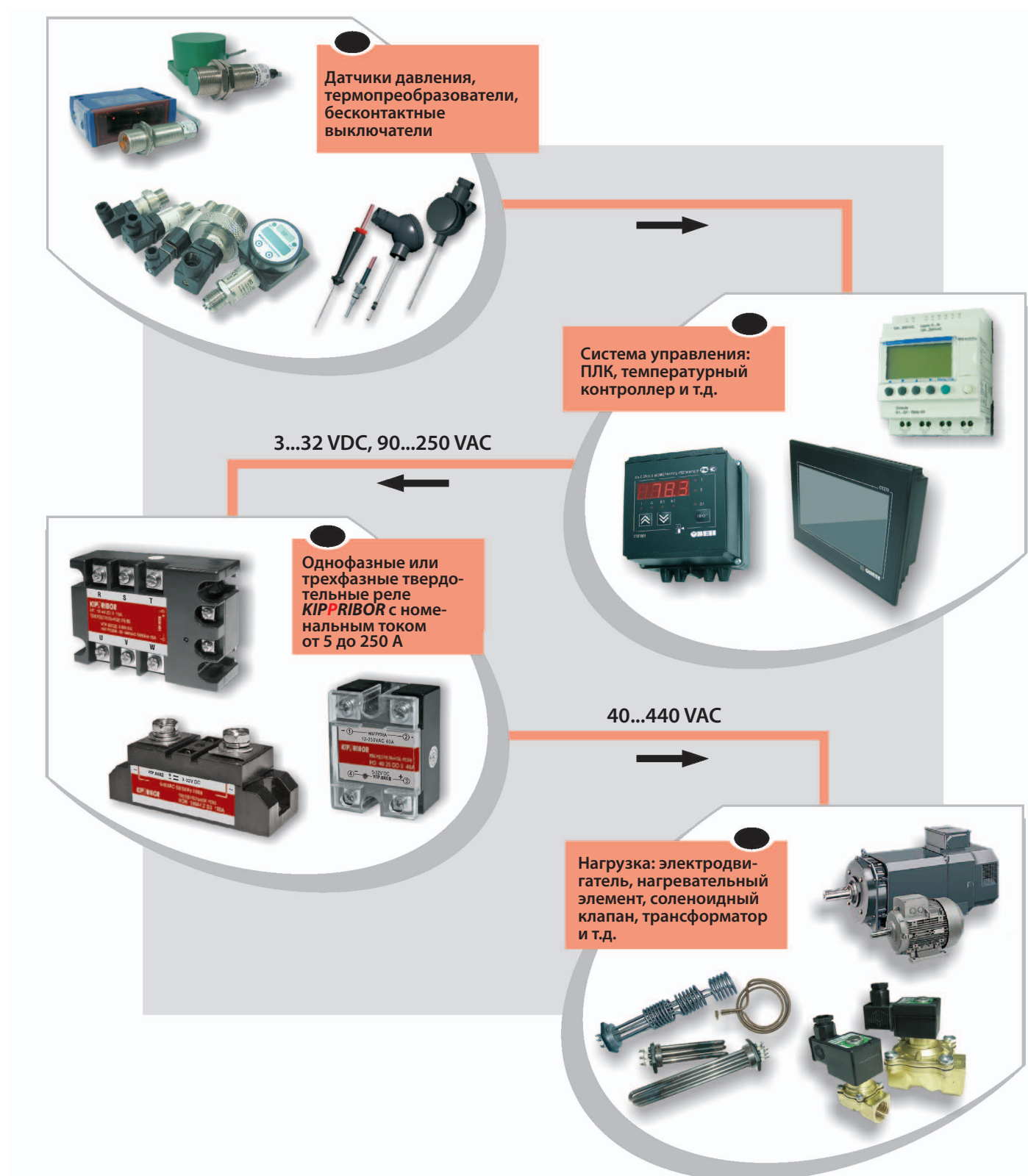
Стоимость ТТР BDH20044ZD3 составляет 1 711 рублей (для сравнения выбрали твердотельное реле с рекомендуемым 40%-м запасом по току).

Радиатор серии РТР039 стоит 4 248 рублей.

Срок эксплуатации в отличие от контактора не ограничен числом коммутаций, следовательно, не требует замены.

При соблюдении условий эксплуатации одно твердотельное реле может прослужить более 3-х лет.

За 3 года эксплуатации твердотельного реле с радиатором Ваши затраты составят 5 959 рублей.



Однофазные твердотельное реле серии MD для нагрузки от 5 до 15 А

Твердотельные реле серии MD предназначены для управления однофазной электрической нагрузкой от 5 до 15 А. Реле серии MD изготавливаются в корпусе уменьшенного размера. Малые габариты позволяют значительно экономить место при монтаже. Реле имеют симисторный выход (TRIAC).

Области применения

- УПРАВЛЕНИЕ ОДНОФАЗНОЙ** электрической нагрузкой: лампы накаливания, нагревательные элементы, катушки клапанов, соленоидов, электромагнитов и т.п.
- УПРАВЛЕНИЕ РЕГУЛИРУЮЩИМИ** клапанами (задвижками) без использования ПБР* посредством двух однофазных твердотельных реле совместно с регуляторами, работающими по принципу «больше-меньше».



Основные характеристики

- Тип коммутации: переключение в «0»;
- Максимально допустимое импульсное напряжение: 900 V AC;
- Светодиодная индикация для контроля наличия входного сигнала;
- Управляющее напряжение: 3...32 V DC.

Варианты исполнения

Коммутируемое напряжение	Напряжение управления	Номинальный рабочий ток/Модификация реле		
		5 А	10 А	15 А
440 V AC	3...32 V DC	MD0544ZD3	MD1044ZD3	MD1544ZD3

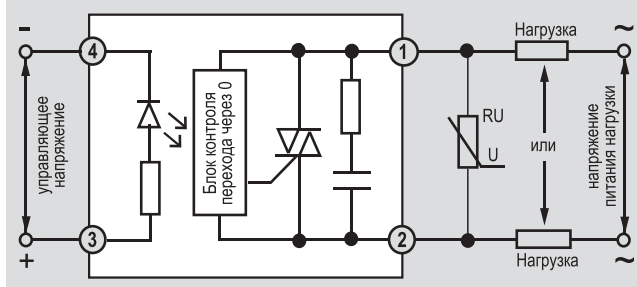
Спецификация

Модификация твердотельного реле	MD xxxx ZD3
Технические характеристики	
Тип выходного элемента	Симистор (TRIAC)
Напряжение управления	3...32 V DC
Потребляемый ток в цепи управления	6...35 mA
Напряжение управления (порог включения / порог выключения)	3 V DC / 1 V DC
Индикация наличия управляющего сигнала	Светодиод
Коммутируемое напряжение	40...440 V AC
Номинальный ток (варианты исполнения)	5 А, 10 А, 15 А
Максимальное пиковое напряжение	900 V AC
Падение напряжения в цепи нагрузки (включенное состояние)	≤1,6 V AC
Время переключения реле при частоте сети 50 Гц	≤10 мс
Ток утечки на выходе в выключенном состоянии	≤10 mA
Сопротивление изоляции	500 МОм при 500 V DC
Напряжение изоляции по переменному току	2500 V в течение одной минуты
Условия эксплуатации	
Температура окружающего воздуха	-30...+80 °C
Атмосферное давление	84...106,7 кПа
Относительная влажность воздуха (при +35 °C и ниже без конденсации влаги)	≤98%
Корпус	
Габаритные размеры	38,5 x 28,7 x 18 мм
Тип монтажа	Крепление винтами на плоскость
Масса	≤30 г
Примечание	1) При токе нагрузки большем 5 А монтаж реле осуществляется на охлаждающий радиатор. 2) При использовании реле для управления индуктивной нагрузкой необходимо установить варистор параллельно цепи нагрузки (в соответствии со схемой включения).

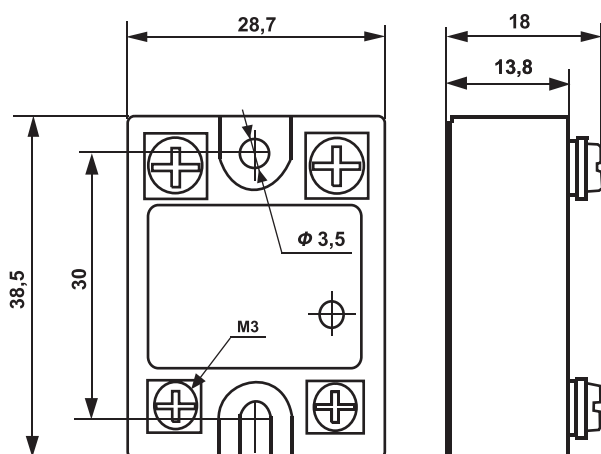
* - пускатель бесконтактный реверсивный

Схема включения

Схема включения MDxxxxZD3



Габаритные размеры, мм



Структура обозначения

M D 10 44 XXX

Тип управляющего сигнала и коммутируемого напряжения:

«ZD3»: управление 3...32 V DC, коммутация напряжения постоянного тока

Номинальное коммутируемое напряжение: «44»: 440 V AC

Номинальный рабочий ток, A: 5; 10; 15

Количество фаз: «D»: однофазное

Тип корпуса твердотельного реле: «M»

Рекомендации по выбору радиатора для твердотельного реле серии MD

Допустимый ток нагрузки, A	Модель радиатора
≤20	PTR060

Однофазные твердотельное реле серии HD для нагрузки от 10 до 80 А

Твердотельные реле серии HD предназначены для управления однофазной электрической нагрузкой от 10 до 80 А. Реле серии HD изготавливаются в нескольких модификациях и отличаются типом управляющего сигнала и родом тока коммутируемой цепи. Реле имеют выходы: симисторный (TRIAC) для модификаций: ZD3, ZA2, VA и транзисторный для модификации DD3.

Твердотельные реле с типом управления DD3 – это реле для коммутации нагрузок постоянного тока. Данные реле выпускаются на номинальные токи – 10 А, 25 А, 40 А и имеют следующие обозначения: HD1025DD3, HD2525DD3, HD4025DD3.

Области применения

- УПРАВЛЕНИЕ ОДНОФАЗНОЙ** электрической нагрузкой преимущественно резистивного характера: нагревательные элементы, лампы накаливания, катушки клапанов, соленоидов, электромагнитов (для модификаций HD xxxx ZA2, HD xxxx ZD3).
- УПРАВЛЕНИЕ НАГРУЗКОЙ** постоянного тока (для модификации HD xxxx DD3).
- РУЧНОЕ УПРАВЛЕНИЕ** нагревательными элементами (регулирование мощности ТЭНов, спиралей), лампами накаливания (регулирование уровня освещенности) (для модификации VA).



Твердотельные реле с типом управления VA – это реле с возможностью регулирования напряжения нагрузки при помощи управляющего переменного резистора. Данные реле выпускаются на номинальные токи – 10 А, 25 А, 40 А и имеют следующие обозначения: HD1044VA, HD2544VA, HD4044VA.

Основные характеристики

- Тип коммутации: переключение в «0», коммутация постоянного тока;
- Максимально допустимое импульсное напряжение:
 - 900 V AC – для модификаций ZD3, ZA2, VA;
 - 400 V DC – для модификации DD3;
- Светодиодная индикация для контроля наличия входного сигнала;
- Три типа управления: напряжением постоянного тока 3...32 V DC, напряжением переменного тока 90... 250 V AC, ручное управление переменным резистором 470...560 кОм.

Варианты исполнения

Коммутируемое напряжение	Напряжение управления	Номинальный рабочий ток / Модификация реле				
		10 А	25 А	40 А	60 А	80 А
440 V AC	3...32 V DC	HD1044ZD3	HD2544ZD3	HD4044ZD3	-	-
	90...250 V AC	HD1044ZA2	HD2544ZA2	HD4044ZA2	HD6044ZA2	HD8044ZA2
250 V DC	3...32 V DC	HD1025DD3	HD2525DD3	HD4025DD3	-	-
440 V AC	Переменный резистор 470-560 кОм	HD1044VA	HD2544VA	HD4044VA	-	-

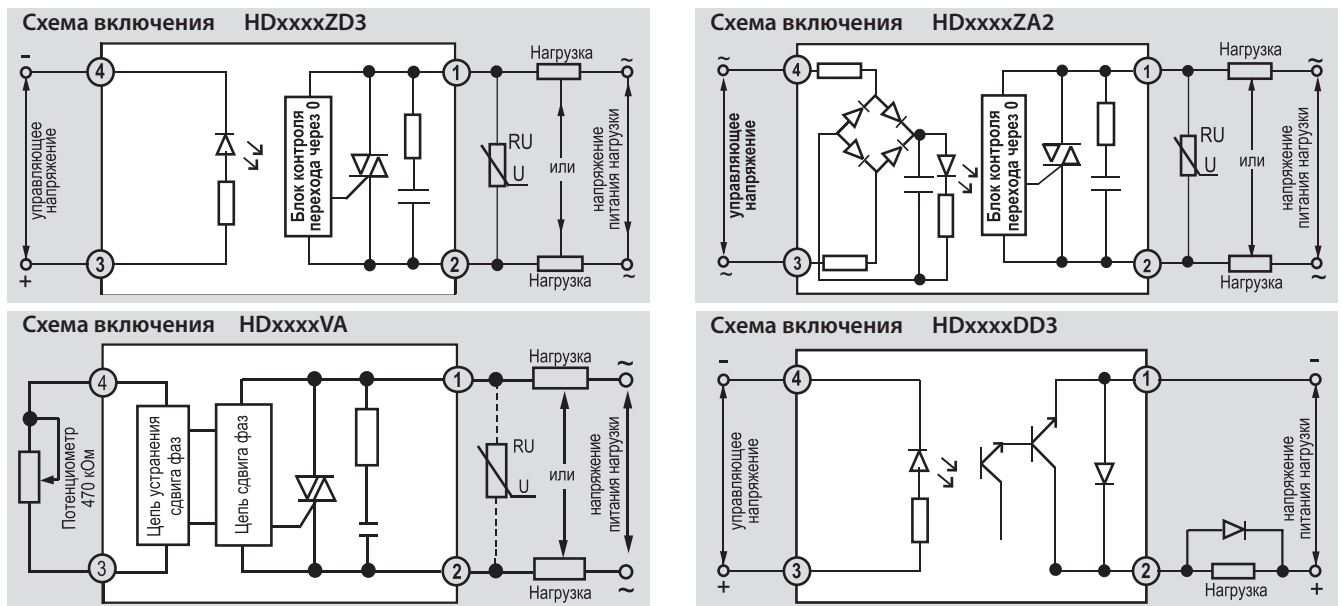
Спецификация

Модификация твердотельного реле	HD xxxx DD3	HD xxxx ZD3	HD xxxx ZA2	HD xxxx VA
Технические характеристики				
Тип выходного элемента	Транзистор (Transistor)	Симистор (TRIAC)	Симистор (TRIAC)*	Симистор (TRIAC)
Напряжение управления	5...32 V DC	3...32 V DC	90...250 V AC	Переменный резистор 470 - 560 кОм
Потребляемый ток в цепи управления	5...35 mA	6...35 mA	5...30 mA	–
Напряжение управления (порог включения / порог выключения)	5 V DC / 1 V DC	3 V DC / 1 V DC	90 V AC / 10 V AC	–
Коммутируемое напряжение	20...250 V DC	40...440 V AC	40...440 V AC	40...440 V AC
Номинальный ток (варианты исполнения)	10 А, 25 А, 40 А	10 А, 25 А, 40 А	10 А, 25 А, 40 А, 60 А, 80 А	10 А, 25 А, 40 А
Максимальное пиковое напряжение	400 V DC		900 V AC	
Падение напряжения в цепи нагрузки (включенное состояние)	≤1,2 V DC	≤1,6 V AC	≤1,6 V AC	–
Время переключения реле при частоте сети 50 Гц	≤5 мс	≤10 мс	≤10 мс	–

* – выходной элемент симистор (TRIAC) используется в ТТР на номинальные токи до 40 А включительно, от 60 А – тиристор (Thyristor)

Модификация твердотельного реле	HD xxxx DD3	HD xxxx ZD3	HD xxxx ZA2	HD xxxx VA
Ток утечки на выходе в выключенном состоянии	≤5 мА	≤10 мА (TRIAC)	≤10 мА	≤10 мА
Индикация наличия управляющего сигнала	Светодиод			
Сопротивление изоляции	500 МОм при 500 В DC			
Напряжение изоляции по переменному току	2500 В в течение одной минуты			
Условия эксплуатации				
Температура окружающего воздуха	-30...+80 °С			
Атмосферное давление	84...106,7 кПа			
Относительная влажность воздуха (при +35 °С и ниже без конденсации влаги)	≤98%			
Корпус				
Габаритные размеры	57,2 x 43,5 x 29 мм			
Способ монтажа	Крепление винтами на плоскость			
Масса (в зависимости от номинала по току)	≤150 г			
Примечание	При использовании реле для управления индуктивной нагрузкой необходимо установить шунтирующий диод параллельно нагрузке (в соответствии со схемой включения). 1) При токе нагрузки большем 5 А монтаж реле осуществляется на охлаждающий радиатор. 2) При использовании реле для управления индуктивной нагрузкой необходимо установить варистор параллельно цепи нагрузки (в соответствии со схемой включения).			

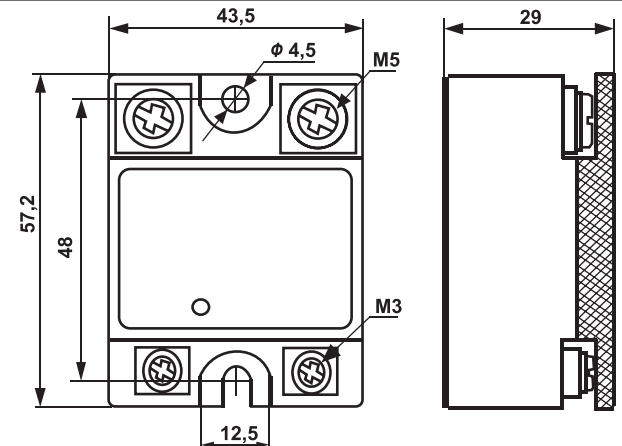
Схема включения



Структура обозначения

H	D	10	44	XXX
Тип управляющего сигнала и коммутируемого напряжения: «ZD3»: управление 3...32 В DC, коммутация напряжения постоянного тока «ZA2»: управление 90...250 В AC, коммутация напряжения переменного тока «DD3»: управление 3...32 В DC, коммутация напряжения постоянного тока «VA»: управление переменным резистором 470...560 кОм, регулирование напряжения переменного тока Номинальное коммутируемое напряжение: «44»: 440 В AC; «25»: 250 В DC Номинальный рабочий ток, А: 10; 25; 40; 60; 80 Количество фаз: «D»: однофазное Тип корпуса твердотельного реле: «H»				

Габаритные размеры, мм



Рекомендации по выбору радиатора для твердотельного реле серии HD

Допустимый ток нагрузки, А	Модель радиатора	Допустимый ток нагрузки, А	Модель радиатора
≤20	PTR060	≤60	PTR062, PTR037
≤40	PTR061, PTR036	≤100	PTR063, PTR038

Однофазные твердотельные реле серии HDH для нагрузки от 60 до 120 А

Твердотельные реле серии HDH предназначены для управления однофазной электрической нагрузкой от 60 до 120 А. Реле серии HDH изготавливаются с двойным SCR-выходом (два тиристора, наращенных непосредственно на охлаждающей подложке, и разнесенных друг от друга), что позволяет достичь более качественного рассеивания тепла по сравнению с другими типами твердотельных реле, а так же выдерживать номинальные токи на резистивной нагрузке длительный период времени.



Области применения

- **УПРАВЛЕНИЕ ОДНОФАЗНОЙ** электрической нагрузкой: лампы накаливания, нагревательные элементы, катушки клапанов, соленоидов, электромагнитов и т.п.
- **УПРАВЛЕНИЕ МАЛОМОЩНЫМИ** однофазными электродвигателями.
- **УПРАВЛЕНИЕ РЕГУЛИРУЮЩИМИ** клапанами (задвижками) без использования ПБР* посредством двух однофазных твердотельных реле совместно с регуляторами, работающими по принципу «больше-меньше» (например TPM12)

Основные характеристики

- Высокая надежность твердотельного реле, обусловленная двойным SCR – выходом;
- Возможно применение для коммутации высокоиндуктивной нагрузки;
- Тип коммутации: переключение в «0»;
- Максимально допустимое импульсное напряжение: 900 V AC;
- Светодиодная индикация для контроля наличия входного сигнала;
- Управляющее напряжение: 3...32 V DC.

Варианты исполнения

Коммутируемое напряжение	Напряжение управления	Номинальный рабочий ток / Модификация реле			
		60 А	80 А	100 А	120 А
440 V AC	3...32 V DC	HDH6044ZD3	HDH8044ZD3	HDH10044ZD3	HDH12044ZD3

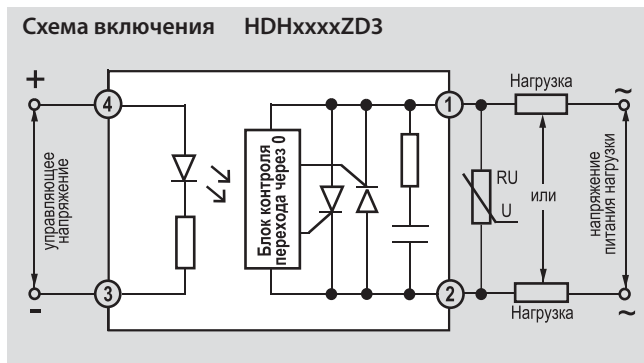
Спецификация

Модификация твердотельного реле	HDH xxxx ZD3
Технические характеристики	
Тип выходного элемента	Тиристор (SCR)
Напряжение управления	3...32 V DC
Потребляемый ток в цепи управления	6...25 mA
Напряжение управления (порог включения / порог выключения)	3 V DC / 1 V DC
Индикация наличия управляющего сигнала	Светодиод
Коммутируемое напряжение	40...440 V AC
Номинальный ток (варианты исполнения)	60 А, 80 А, 100 А, 120 А
Максимальное пиковое напряжение	900 V AC
Падение напряжения в цепи нагрузки (включенное состояние)	≤1,6 V AC
Время переключения реле при частоте сети 50 Гц	≤10 мс
Ток утечки на выходе в выключенном состоянии	≤10 mA
Сопротивление изоляции	500 МОм при 500 V DC
Напряжение изоляции по переменному току	2500 V в течение одной минуты
Условия эксплуатации	
Температура окружающего воздуха	-30...+80 °C
Атмосферное давление	84...106,7 кПа
Относительная влажность воздуха (при +35 °C и ниже без конденсации влаги)	≤98%

* - пускатель бесконтактный реверсивный

Модификация твердотельного реле	HDH xxxx ZD3
Корпус	
Габаритные размеры	57,2 x 43,5 x 29 мм
Тип монтажа	Крепление винтами на плоскость
Масса (в зависимости от номинала по току)	≤150г
Примечание	1) При токе нагрузки больше 5 А монтаж реле осуществляется на охлаждающий радиатор, при токе нагрузки больше 80 А, монтаж осуществляется на охлаждающий радиатор с установкой вентилятора обдува. 2) При использовании реле для управления индуктивной нагрузкой необходимо установить варистор параллельно цепи нагрузки (в соответствии со схемой включения).

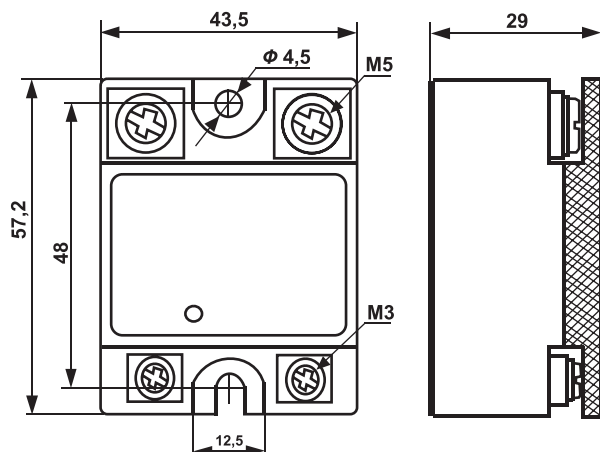
Схема включения



Структура обозначения

Н	D	Н	60	44	XXX
Тип управляющего сигнала и коммутируемого напряжения: «ZD3»: управление 3...32 V DC, коммутация напряжения постоянного тока Номинальное коммутируемое напряжение: «44»: 440 V AC; Номинальный рабочий ток, А: 60; 80; 100; 120 Тип выходного элемента: «Н»: два тиристора наращенных непосредственно на охлаждающей подложке и разнесенных друг от друга (SCR - выход) Количество фаз: «D»: однофазное Тип корпуса твердотельного реле: «Н»					

Габаритные размеры, мм



Рекомендации по выбору радиатора для твердотельного реле серии HDH

Допустимый ток нагрузки, А	Модель радиатора
≤80	РТР062, РТР037
≤100	РТР063, РТР038
≤200	РТР039

Промышленные однофазные твердотельные реле серии BDH для нагрузки от 100 до 250 А

Твердотельные реле серии BDH предназначены для управления мощной однофазной электрической нагрузкой от 100 до 250 А. Реле серии BDH изготавливаются с двойным SCR-выходом (два тиристора, наращенных непосредственно на охлаждающей подложке, и разнесенных друг от друга), что позволяет достичь более качественного рассеивания тепла по сравнению с другими типами твердотельных реле, а также выдерживать номинальные токи на резистивной нагрузке длительный период времени. Реле изготавливаются в корпусе промышленного исполнения.

Области применения

■ **УПРАВЛЕНИЕ МОЩНОЙ** однофазной (трехфазной – с использованием трех однофазных твердотельных реле) электрической нагрузкой: нагревательные элементы промышленных печей.



Основные характеристики

- Высокая надежность твердотельного реле, обусловленная двойным SCR – выходом;
- Возможно применение для коммутации высокоиндуктивной нагрузки;
- Тип коммутации: переключение в «0»;
- Максимально допустимое импульсное напряжение: 1100 V AC;
- Светодиодная индикация для контроля наличия управляющего сигнала;
- Управляющее напряжение: 3...32 V DC.

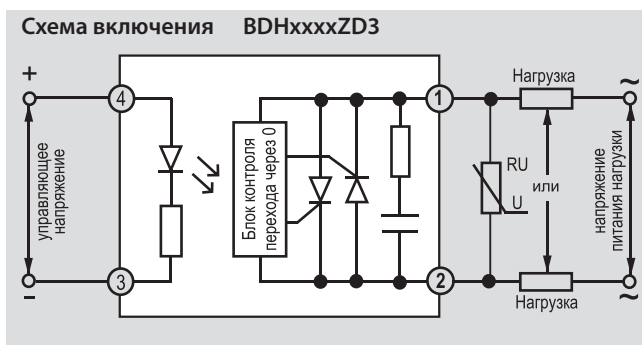
Варианты исполнения

Коммутируемое напряжение	Напряжение управления	Номинальный рабочий ток / Модификация реле				
		100 А	120 А	150 А	200 А	250 А
440 V AC	3...32 V DC	BDH10044ZD3	BDH12044ZD3	BDH15044ZD3	BDH20044ZD3	BDH25044ZD3

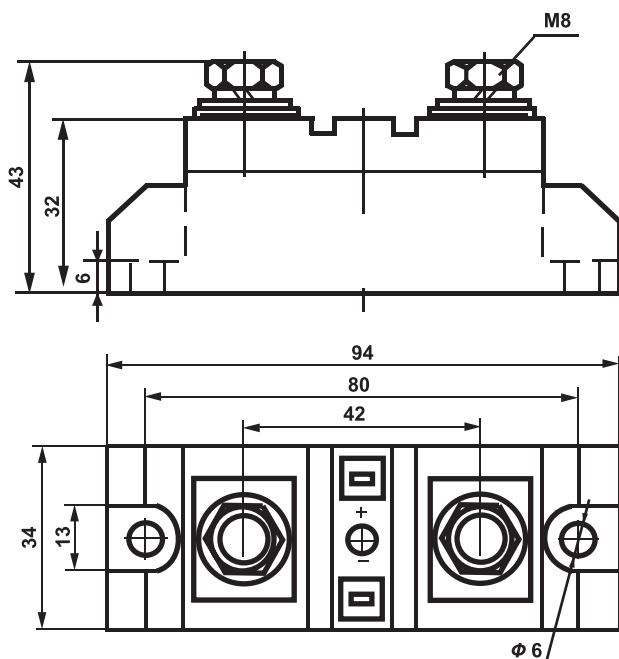
Спецификация

Модификация твердотельного реле	BDH xxxx ZD3
Технические характеристики	
Тип выходного элемента	Тиристор (SCR)
Напряжение управления	3...32 V DC
Потребляемый ток в цепи управления	5...25 mA
Напряжение управления (порог включения / порог выключения)	3 V DC / 1 V DC
Индикация наличия управляющего сигнала	Светодиод
Коммутируемое напряжение	40...440 V AC
Номинальный ток (варианты исполнения)	100 А, 120 А, 150 А, 200 А, 250 А
Максимальное пиковое напряжение	1100 V AC
Падение напряжения в цепи нагрузки (включенное состояние)	≤1,6 V AC
Время переключения реле при частоте сети 50 Гц	≤10 мс
Ток утечки на выходе в выключенном состоянии	≤10 mA
Сопротивление изоляции	500 МОм при 500 V DC
Напряжение изоляции по переменному току	2500 V в течение одной минуты
Условия эксплуатации	
Температура окружающего воздуха	-30...+80 °C
Атмосферное давление	84...106,7 кПа
Относительная влажность воздуха (при +35 °C и ниже без конденсации влаги)	≤98%
Корпус	
Габаритные размеры	94 x 34 x 43 мм
Тип монтажа	Крепление винтами на охлаждающий радиатор
Масса (в зависимости от номинала по току)	≤235 г
Примечание	1) Обязательное использование радиатора с принудительным охлаждением.
	2) При использовании реле для управления индуктивной нагрузкой необходимо установить варистор на выходе устройства.

Схема включения



Габаритные размеры, мм



Структура обозначения

B D H 100 44 XXX

Тип управляющего сигнала и коммутируемого напряжения:
«ZD3»: управление 3...32 V DC, коммутация напряжения постоянного тока

Номинальное коммутируемое напряжение:
«44»: 440 V AC;

Номинальный рабочий ток, А: **100**; 120; 150; 200; 250

Тип выходного элемента: «H»: два тиристора наращенных непосредственно на охлаждающей подложке и разнесенных друг от друга (SCR - выход)

Количество фаз: «D»: однофазное

Тип корпуса твердотельного реле: «B»

Рекомендации по выбору радиатора для твердотельного реле серии BDH

Допустимый ток нагрузки, А	Модель радиатора
<100	PTR063, PTR038, PTR037
≤200	PTR039
≤250	PTR040

Трехфазные твердотельные реле серии НТ для нагрузки от 10 до 120 А

Твердотельные реле KIPPRIBOR серии НТ предназначены для управления трехфазной электрической нагрузкой от 10 до 120 А. Реле серии НТ имеют симисторный выход (TRIAC).



Области применения

- **УПРАВЛЕНИЕ ОДНОФАЗНОЙ** электрической нагрузкой: электрические нагреватели, лампы накаливания и т.п.
- **УПРАВЛЕНИЕ ТРЕХФАЗНОЙ** электрической нагрузкой: асинхронные электродвигатели, группы ТЭНов.

Основные характеристики

- Максимально допустимое импульсное напряжение: 1000 V AC;
- Тип коммутации: переключение в «0»;
- Светодиодная индикация для контроля наличия входного сигнала;
- Два типа управляющего напряжения:
 - для постоянного тока – 3...32 V DC,
 - для переменного тока – 90...250 V AC;
- Электрическое соединение трехфазной нагрузки в звезду / треугольник.

Варианты исполнения

Коммутируемое напряжение	Напряжение управления	Номинальный рабочий ток / Модификация реле						
		10 А	25 А	40 А	60 А	80 А	100 А	120 А
440 V AC	3...32 V DC	HT1044ZD3	HT2544ZD3	HT4044ZD3	HT6044ZD3	HT8044ZD3	HT10044ZD3	HT12044ZD3
	90...250 V AC	HT1044ZA2	HT2544ZA2	HT4044ZA2	HT6044ZA2	HT8044ZA2	–	–

Спецификация

Модификация твердотельного реле	HT xxxx ZD3	HT xxxx ZA2
Технические характеристики		
Тип выходного элемента	Симистор (TRIAC)*	Симистор (TRIAC)*
Напряжение управления	3...32 V DC	90...250 V AC
Потребляемый ток в цепи управления	5...25 mA	5...30 mA
Напряжение управления (порог включения / порог выключения)	3 V DC / 1 V DC	90 V AC / 10 V AC
Номинальный ток (варианты исполнения)	10 А, 25 А, 40 А, 60 А, 80 А, 100 А, 120 А	10 А, 25 А, 40 А, 60 А, 80 А
Индикация наличия управляющего сигнала	Светодиод	
Коммутируемое напряжение	40...440 V AC	
Максимальное пиковое напряжение	1000 V AC	
Падение напряжения в цепи нагрузки (включенное состояние)	≤1,6 V AC	
Время переключения реле при частоте сети 50 Гц	≤10 мс	
Ток утечки на выходе в выключенном состоянии	≤10 mA	
Сопротивление изоляции	500 МОм при 500 V DC	
Напряжение изоляции по переменному току	2500 V в течение одной минуты	
Условия эксплуатации		
Температура окружающего воздуха	-30...+80 °C	
Атмосферное давление	84...106,7 кПа	
Относительная влажность воздуха (при +35 °C и ниже без конденсации влаги)	≤98%	

* – выходной элемент симистор (TRIAC) используется в ТТР на номинальные токи до 40 А включительно, от 60 А – тиристор (Thyristor)

Модификация твердотельного реле	HT xxxx ZD3	HT xxxx ZA2
Корпус		
Габаритные размеры	106 x 75 x 31,5 мм	
Тип монтажа	Крепление винтами на плоскость	
Масса (в зависимости от номинала по току)	≤500 г	
Примечание	1) При токе нагрузки больше 5 А монтаж реле осуществляется на охлаждающий радиатор, при токе нагрузки больше 80 А, монтаж осуществляется на охлаждающий радиатор с установкой вентилятора обдува. 2) При использовании реле для управления индуктивной нагрузкой необходимо установить варистор параллельно цепи нагрузки (в соответствии со схемой включения).	

Схема включения

Схема включения HTxxxxZD3

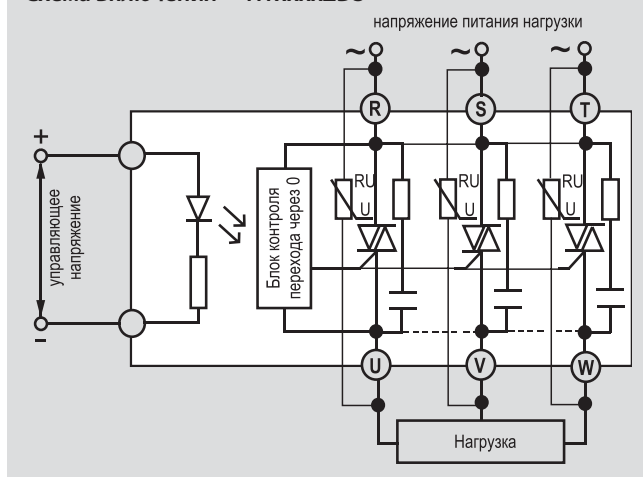
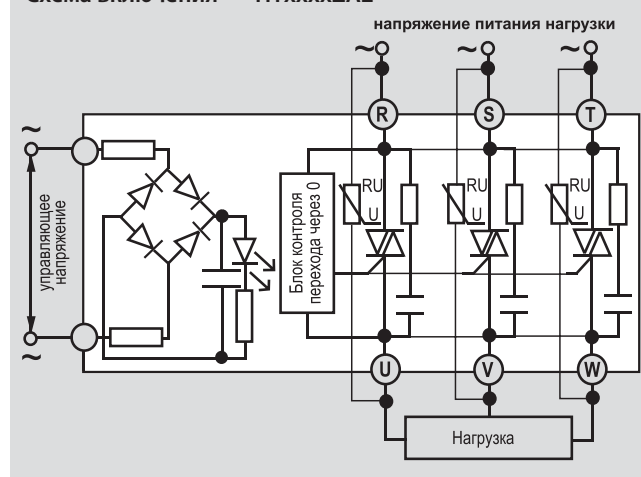
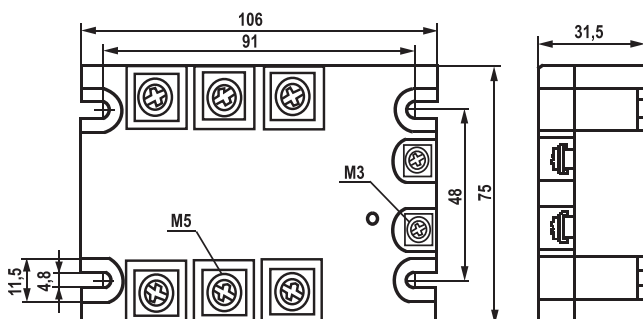


Схема включения HTxxxxZA2



Габаритные размеры, мм



Структура обозначения

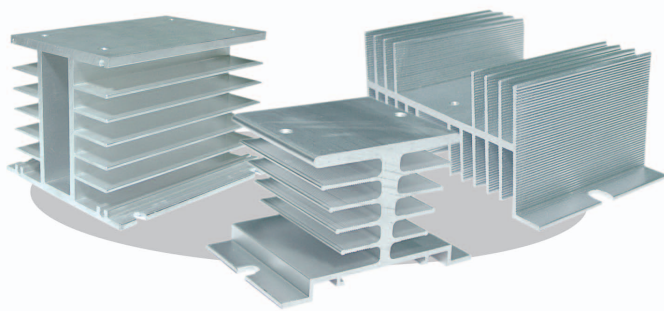
H	T	10	44	XXX
Тип управляющего сигнала и коммутируемого напряжения: «ZD3»: управление 3...32 V DC, коммутация напряжения постоянного тока «ZA2»: управление 90...250 V AC, коммутация напряжения переменного тока Номинальное коммутируемое напряжение: «44»: 440 V AC; Номинальный рабочий ток, А: 10; 25; 40; 60; 80; 100; 120 Количество фаз: «Т»: трехфазное Тип корпуса твердотельного реле: «Н»				

Рекомендации по выбору радиатора для твердотельного реле серии HT

Допустимый ток нагрузки, А	Модель радиатора
≤20	PTR035
≤30	PTR034
≤40	PTR036

Допустимый ток нагрузки, А	Модель радиатора
≤80	PTR037
≤100	PTR038
≤200	PTR039

Радиатор охлаждения предназначен для эффективного отвода тепла от твердотельного реле. Хорошая теплопроводность радиатора позволяет рассеивать выделенное тепло даже при высоких значениях номинальных токов реле.



Рекомендации по применению радиаторов для твердотельных реле

При токе нагрузки до 5А твердотельное реле способно самостоятельно рассеивать выделяемое на его подложке тепло, и применение дополнительных мер охлаждения в этом случае не требуется.

При длительной коммутации нагрузки свыше 5А реле не способно рассеивать выделяемое тепло, что приводит к его чрезмерному нагреву и, как следствие, снижению коммутационных характеристик. Твердотельное реле способно коммутировать номинальное значение тока только при температуре до 40 °С. При нагреве твердотельного реле свыше 40 °С допускаемое значение коммутируемого тока снижается, так, например, при достижении температуры в 60 °С значение коммутируемого с помощью реле тока снижается в два раза. Для ограничения нагрева твердотельное реле необходимо устанавливать на радиатор охлаждения.

Более того, для обеспечения качественного отвода тепла необходимо производить установку реле с использованием теплопроводящей пасты (например, КТП-8), заполняющей воздушные пустоты между поверхностью радиатора и основанием ТТР. Однако не

допускается установка твердотельного реле в замкнутой области без движения воздушного потока. Радиатор должен устанавливаться с вертикальным расположением ребер, так чтобы естественная циркуляция воздуха беспрепятственно проходила вдоль них. Контактные поверхности твердотельного реле и радиатора должны быть ровными, чистыми, не окисленными и не покрытыми краской.

При подборе радиатора для твердотельного реле необходимо учитывать, что не существует однозначного соответствия мощности реле и типа радиатора.

Поэтому необходимо выбирать радиатор с некоторым запасом по мощности и/или усиливать теплоотвод с помощью вентилятора обдува.

На охлаждение влияют следующие параметры:

- температура окружающего воздуха,
- интенсивность циркуляции воздуха,
- тип нагрузки,
- величина коммутируемой нагрузки, и т.д.

Требуемый тип радиатора можно выбрать, ориентируясь на допустимый суммарный ток нагрузки и тип устанавливаемых реле.

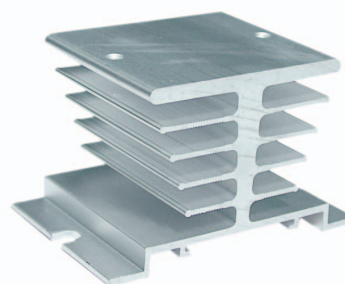
Таблица подбора радиатора для твердотельных реле

Модель радиатора	Количество и тип устанавливаемых реле	Допустимый ток нагрузки (суммарно всех реле)	Длина, мм	Ширина, мм	Высота, мм	Вес, гр.
РТР060	одно реле (серии HD, HDH, MD)	≤ 20А	80	50	50	135
РТР061	одно реле (серии HD, HDH)	≤ 40А	127	72	50	255
РТР062	одно реле (серии HD, HDH)	≤ 60А	127	115	50	400
РТР063	одно реле (серии HD, HDH, BDH)	≤ 100А	180	150	48	630
РТР034	одно реле (серии HT, BDH)	≤ 30А	105	100	80	590
РТР035	одно реле (серии HT)	≤ 20	150	90	35	365
РТР036	одно реле (серии HT, BDH) два реле (серии HD, HDH)	≤ 40А	150	100	80	855
РТР037	одно реле (серии HT, BDH) два реле (серии HD, HDH)	≤ 80А	260	180	50	1400
РТР038	одно реле (серии HT) три реле (серии BDH)	≤ 100А (с вентилятором 120x120)	150	125	135	2380
РТР039	одно реле (серии HT) два реле (HD, HDH) три реле (серии BDH)	≤ 200А (с вентилятором 120x120)	200	125	135	3350
РТР040	три реле (серии BDH)	≤ 250А (с вентилятором 120x120)	300	125	135	5000

Для снижения температуры нагрева твердотельных реле необходимо использовать радиаторы охлаждения, а при токах нагрузки свыше 5 А использование радиатора обязательно.

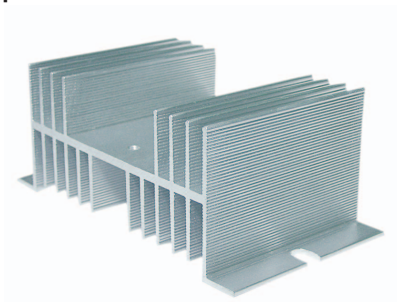
Внимание! Температура нагрева ТТР не должна превышать 60...80 °С. Радиаторы серии РТР предназначены для охлаждения твердотельных реле и продления срока их службы.

Радиатор РТР-060



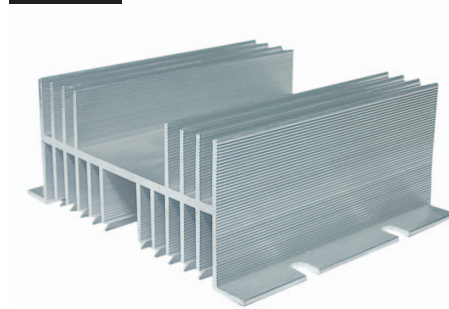
Модель	РТР-060
Назначение	радиатор для однофазного реле
Макс. ток	≤20 А
Размеры (длина, ширина, высота)	80*50*50 мм
Вес	135 гр
Примечание	возможен монтаж на DIN-рейку

Радиатор РТР-061



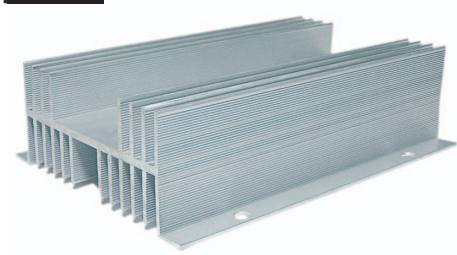
Модель	РТР-061
Назначение	радиатор для однофазного реле
Макс. ток	≤40 А
Размеры (длина, ширина, высота)	127*72*50 мм
Вес	255 гр

Радиатор РТР-062



Модель	РТР-062
Назначение	радиатор для однофазного реле
Макс. ток	≤60 А
Размеры (длина, ширина, высота)	127*115*50 мм
Вес	400 гр

Радиатор РТР-063



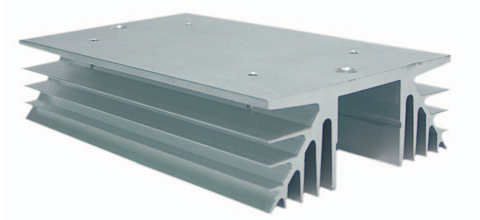
Модель	РТР-063
Назначение	радиатор для однофазного реле
Макс. ток	≤100 А
Размеры (длина, ширина, высота)	180*150*48 мм
Вес	630 гр

Радиатор РТР-034



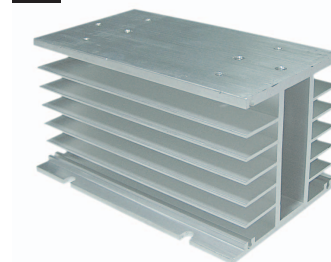
Модель	РТР-034
Назначение	радиатор для однофазного промышленного/трехфазного реле
Макс. ток	≤30 А
Размеры (длина, ширина, высота)	105*100*80 мм
Вес	590 гр
Примечание	возможность установки вентилятора охлаждения

Радиатор РТР-035



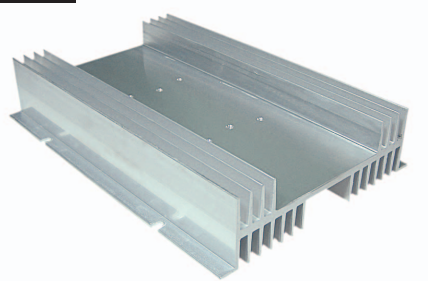
Модель	РТР-035
Назначение	радиатор для трехфазного реле
Макс. ток	≤20 А
Размеры (длина, ширина, высота)	150*90*35 мм
Вес	365 гр

Радиатор РТР-036



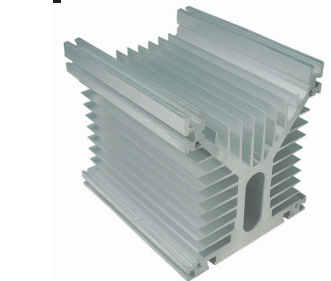
Модель	РТР-036
Назначение	радиатор для однофазного/трехфазного реле
Макс. ток	≤40 А
Размеры (длина, ширина, высота)	150*100*80 мм
Вес	855 гр
Примечание	возможность установки вентилятора охлаждения

Радиатор РТР-037



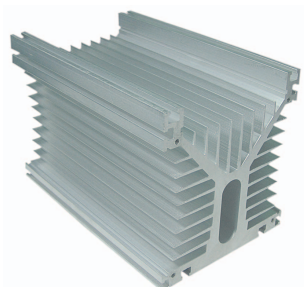
Модель	РТР-037
Назначение	радиатор для однофазного/трехфазного реле
Макс. ток	≤80 А
Размеры (длина, ширина, высота)	260*180*50 мм
Вес	1400 гр

Радиатор РТР-038



Модель	РТР-038
Назначение	радиатор для однофазного промышленного/трехфазного реле
Макс. ток	≤100 А
Размеры (длина, ширина, высота)	150*125*135 мм
Вес	2380 гр
Примечание	возможность установки вентилятора охлаждения

Радиатор РТР-039



Модель	РТР-039
Назначение	радиатор для однофазного/трехфазного реле
Макс. ток	≤200 А
Размеры (длина, ширина, высота)	200*125*135 мм
Вес	3350 гр
Примечание	возможность установки вентилятора охлаждения

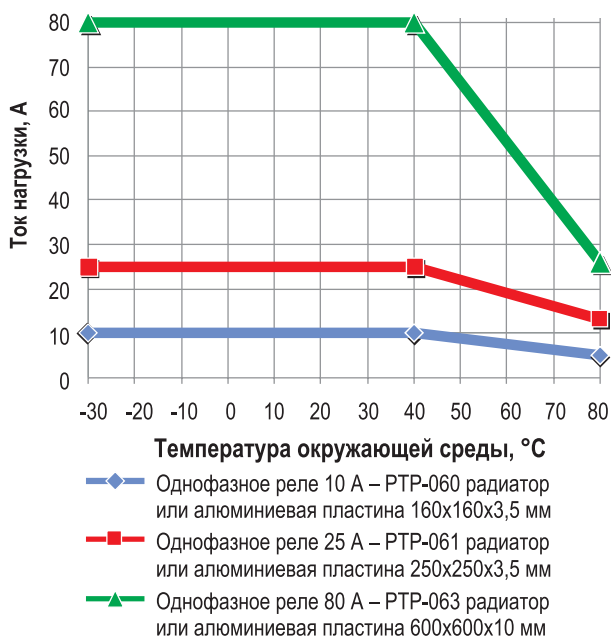
Радиатор РТР-040



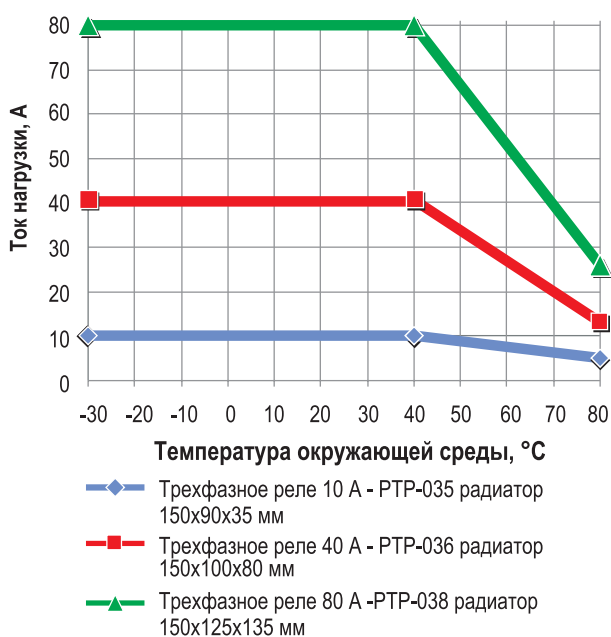
Модель	РТР-040
Назначение	радиатор для промышленного однофазного реле
Макс. ток	≤250 А
Размеры (длина, ширина, высота)	300*125*135 мм
Вес	5000 гр
Примечание	возможность установки вентилятора охлаждения

На графиках представлены зависимости тока нагрузки от температуры окружающей среды. При температуре -30 до +40 °C, ТТР способно коммутировать заявленный номинальный ток. При нагреве свыше 40 °C допустимое значение коммутируемого тока нагрузки снижается. Применение радиаторов охлаждения позволяет поддерживать реле в оптимальном температурном диапазоне. При отсутствии охлаждения реле не способно коммутировать даже номинальное значение тока.

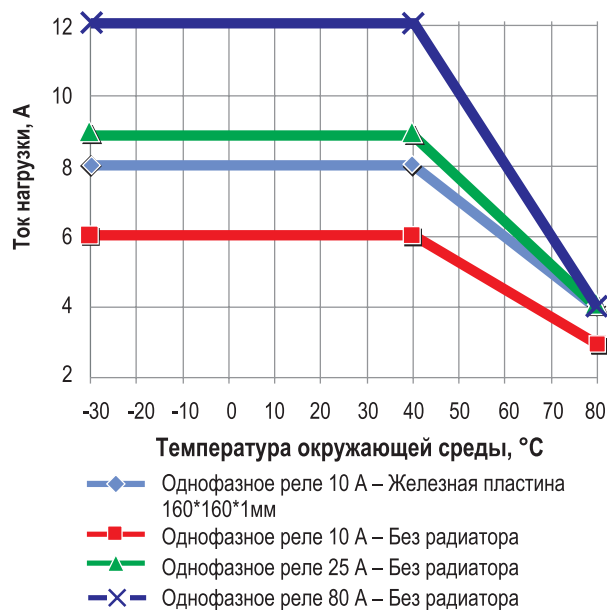
Однофазное реле с радиатором



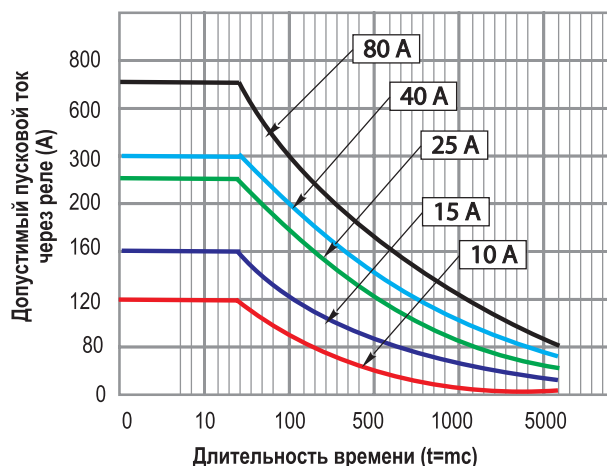
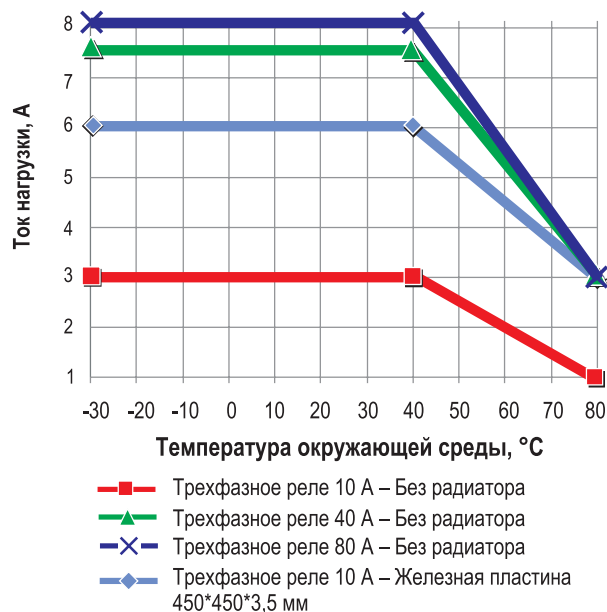
Трехфазное реле с радиатором



Однофазное реле без радиатора

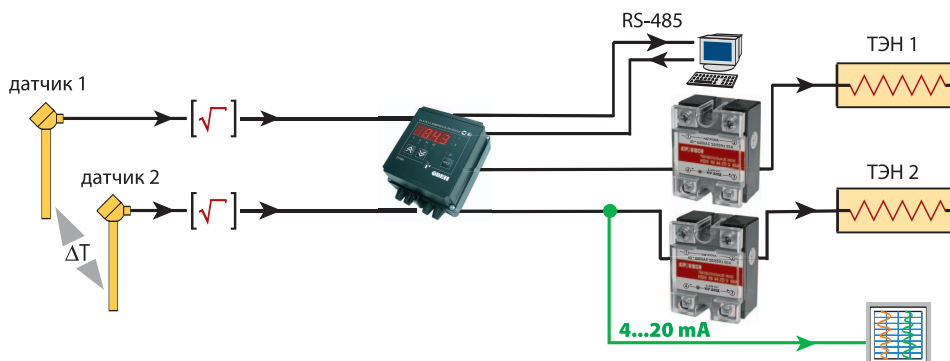


Трехфазное реле без радиатора

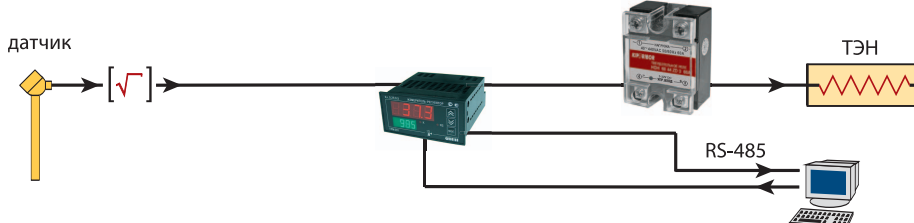


Поддержание температуры в технологических процессах

ТРМ202 Измеритель-регулятор двухканальный

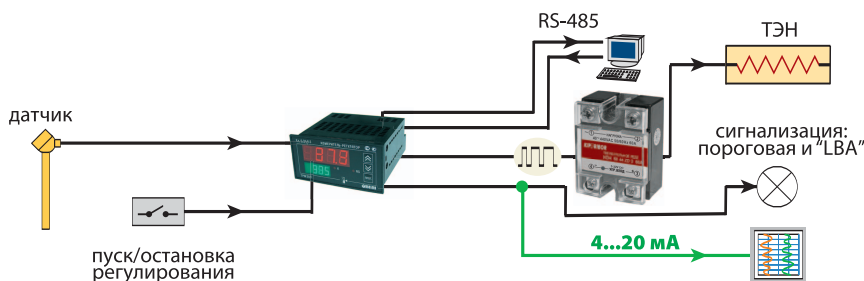


ТРМ201 Измеритель-регулятор одноканальный

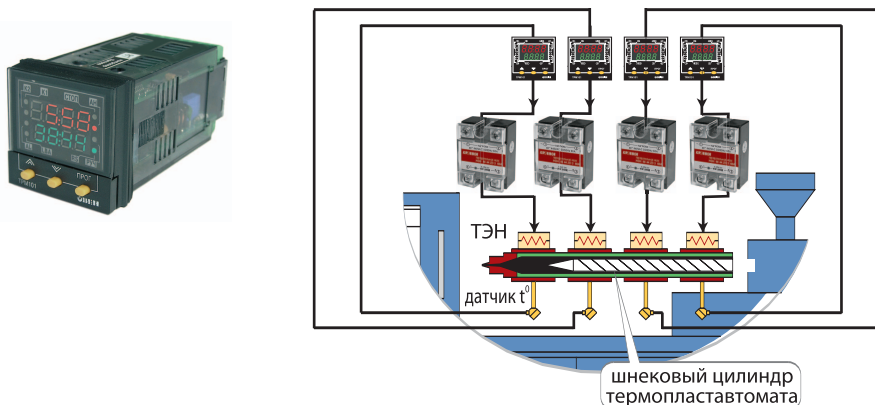


Твердотельные реле с легкостью интегрируются в любые системы автоматического управления и контроля технологических процессов, упрощают монтаж, повышают надежность и производительность оборудования.

ТРМ210 Измеритель ПИД-регулятор одноканальный

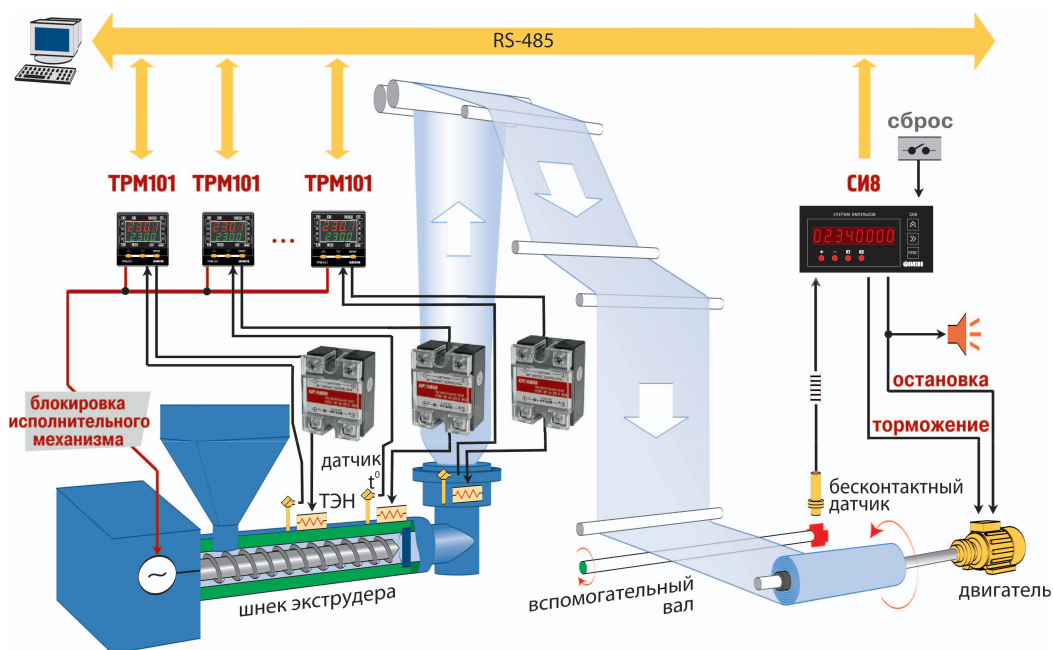


ТРМ101 Измеритель ПИД-регулятор одноканальный в компактном исполнении



В упаковочном производстве, используя встроенный блок питания (например, **ОВЕН**) и твердотельные реле возможно организовать процесс поддержания температуры в нескольких зонах.

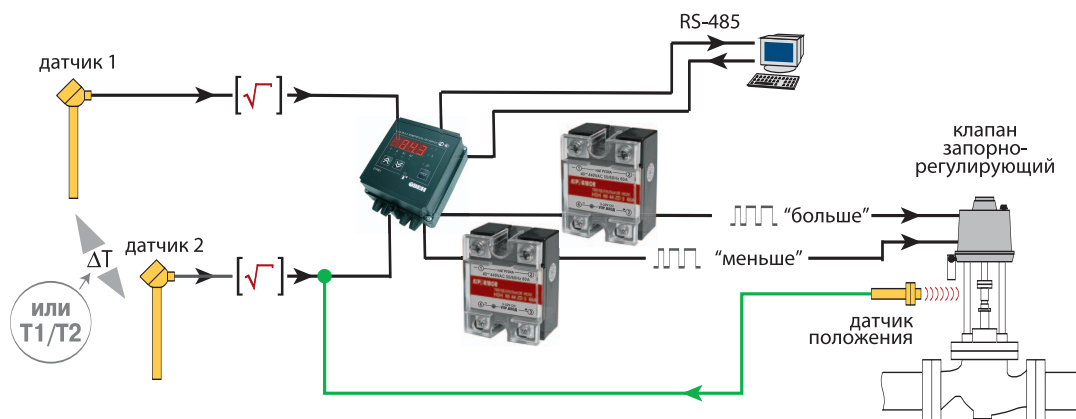
Поддержание температуры экструдера в нескольких зонах



Применение твердотельных реле в экструзионных аппаратах, позволяет обеспечить высокую частоту коммутации и высокую надежность срабатывания исполнительных механизмов в процессе работы

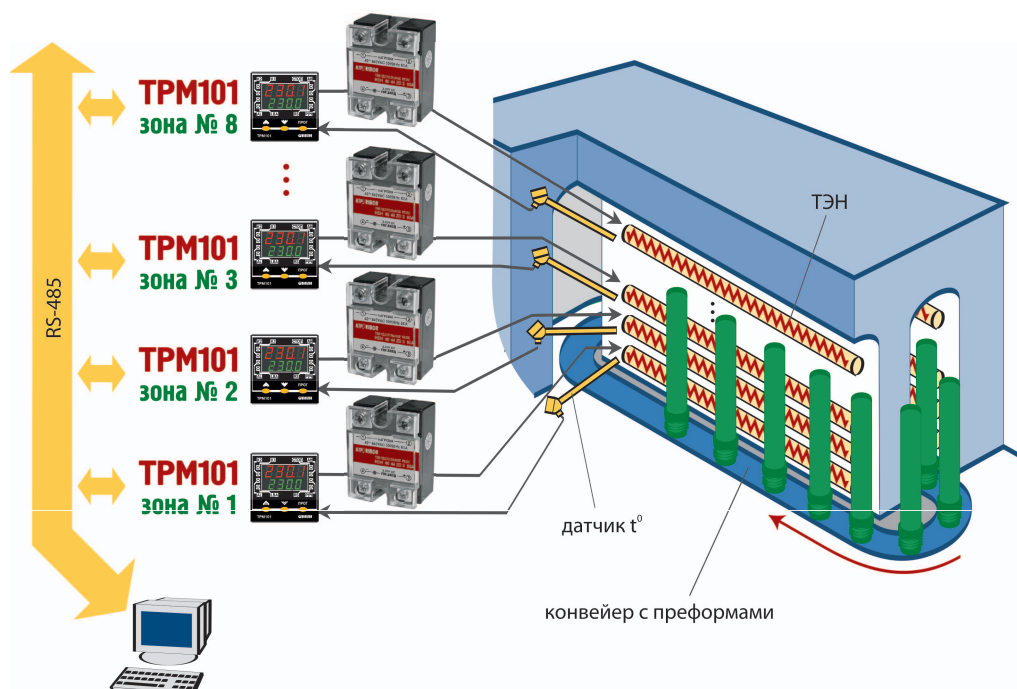
установки. Это достигается бесконтактной коммутацией, которая исключает дребезг, искрение и залипание контактов.

Процесс управления электроприводом задвижек



Твердотельные реле наилучшим образом подходят для замены бесконтактных реверсивных пускателей в процессе управления электроприводом задвижек.

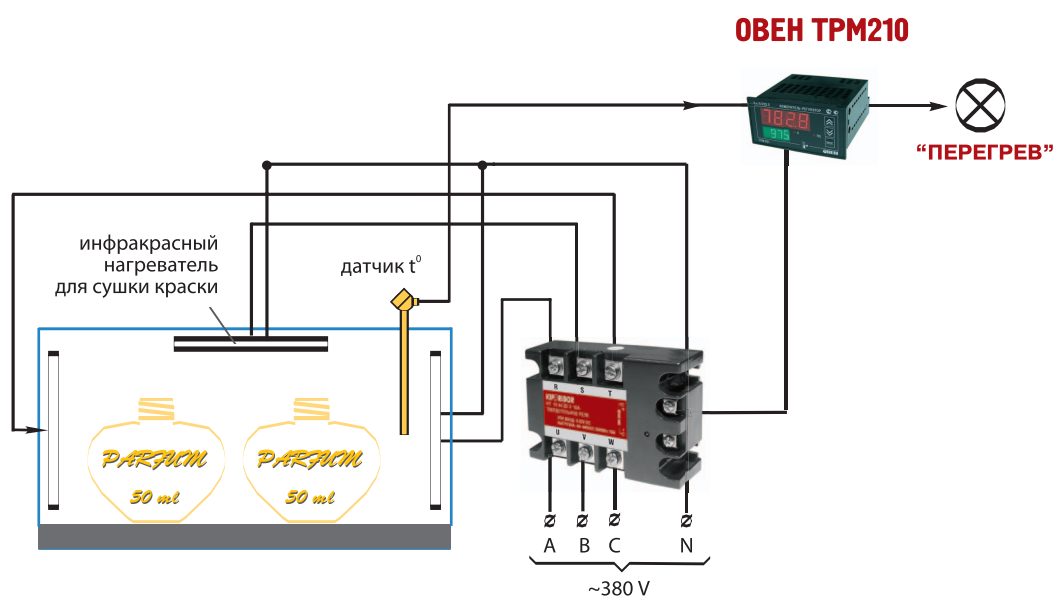
Процесс изготовления ПЭТ и стеклотары



В технологических процессах с точным поддержанием температуры, применяются ПИД-регуляторы и специализированные промышленные контроллеры. Точное поддержание уставки требует высокой частоты срабатывания исполнительных механизмов, что приводит к быстрому износу ком-

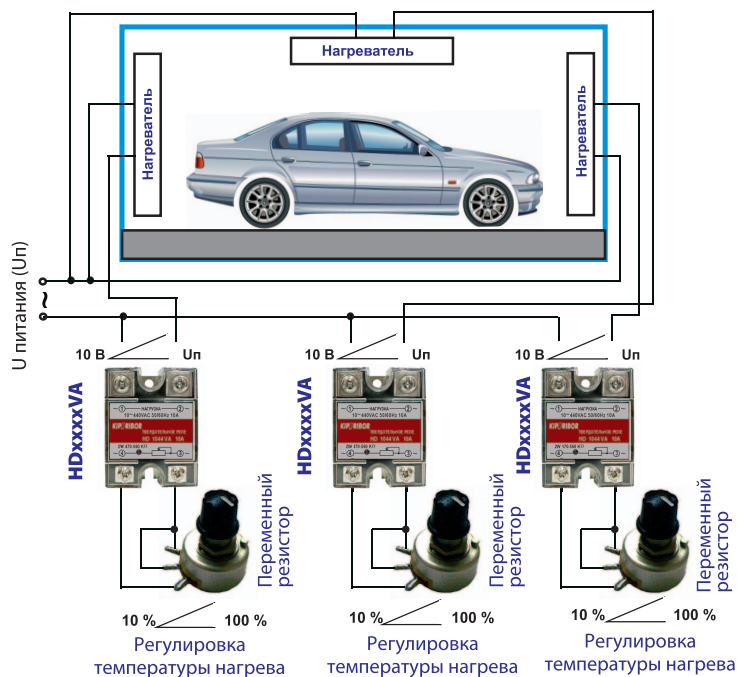
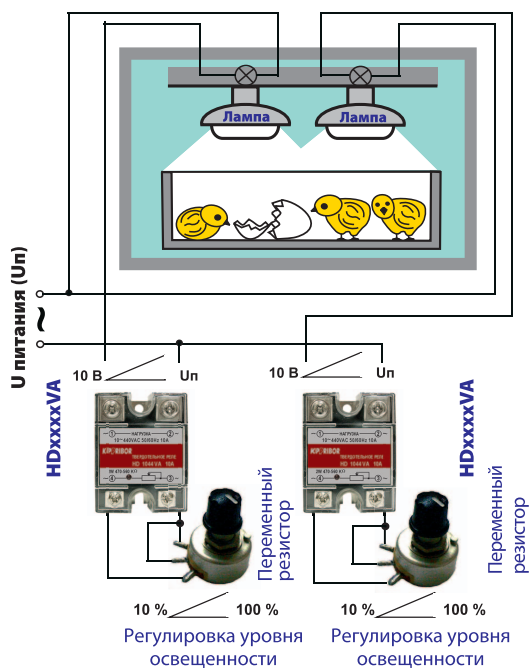
мутационного оборудования (электромагнитных реле, контакторов). Для таких применений твердотельные реле оказываются незаменимыми, т.к. число циклов их коммутации исчисляется миллиардами (при правильной эксплуатации и соблюдении температурного режима работы устройства).

Поддержание температуры в камере сушки



Трехфазные твердотельные реле можно применять как для коммутации трехфазной нагрузки, так и для нагрузки, которая разделена пофазно. Трехфазные твердотельные реле серии НТ, в отличие

от других производителей не имеют сквозной фазы, а коммутация происходит по каждой фазе, что позволяет применять реле для одновременного управления тремя группами нагрузки.



Реле модификации VA позволяет вручную управлять нагревательными элементами (регулирование мощности ТЭНов спиралей), лампами накаливания (регулирование уровня освещенности). Более

того, реле может быть использовано для выравнивания мощностей группы нагревательных элементов в случае необходимости равномерного прогрева всех зон печи: сверху-снизу-справа-слева.



Модификация DD3 разработана для широкого применения в подвижном оборудовании с аккумуляторным питанием. Наглядным примером могут служить электропогрузчики, штабелеры, детские парковые аттракционы, портативные генераторы

и другие автономные устройства. Замена электроконтакторов и электромагнитных реле в вышеуказанном оборудовании на твердотельные реле позволит существенно повысить надежность и срок их службы.

Глоссарий

Твердотельное реле (ТТР) – это класс модульных полупроводниковых приборов, выполненных по гибридной технологии, содержащих в своем составе мощные силовые ключи на симисторных, тиристорных либо транзисторных структурах. Они с успехом используются для замены традиционных электромагнитных реле и контакторов.

По типу нагрузки твердотельные реле (ТТР) делятся на однофазные и трехфазные. Широкий диапазон коммутируемого напряжения – 40...440 В позволяет использовать твердотельные реле для управления нагрузками в различных областях промышленности.

По типу управления твердотельные реле (ТТР) делятся на 3 группы:

- управление напряжением постоянного тока (3...32 В);
- управление напряжением переменного тока (90...250 В);
- ручное управление выходным напряжением с помощью переменного резистора (470-560 кОм, 0,25-0,5 Вт).

Различные варианты управляющих сигналов позволяют применять твердотельные реле в качестве коммутационных элементов в разнотипных системах автоматического управления.

По способу коммутации твердотельные реле (ТТР) можно разделить на:

Твердотельные реле с контролем перехода через ноль применяются для коммутации резистивных (электрические нагревательные элементы, лампы накаливания), емкостных (помехоподавляющие сглаживающие фильтры, имеющие в своем составе конденсаторы) и слабоиндуктивных (катушки соленоидов, клапанов) нагрузок. При подаче управляющего сигнала, напряжение на выходе такого реле появляется в момент первого пересечения линейным напряжением нулевого уровня. Это позволяет уменьшить начальный бросок тока, снизить уровень создаваемых электромагнитных помех и, как следствие, увеличить срок службы коммутируемых нагрузок. Недостатком реле данного типа является невозможность коммутации высокоиндуктивной нагрузки, когда $\cos \varphi < 0,5$ (трансформаторы на холстом ходу).

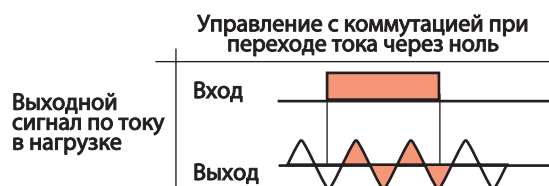


Диаграмма срабатывания ТТР с контролем перехода через ноль.

Твердотельные реле мгновенного (случайного) включения применяются для коммутации резистивных (электрические нагревательные элементы, лампы накаливания) и индуктивных (маломощные двигатели, трансформаторы) нагрузок при необходимости мгновенного срабатывания. Напряжение на выходе реле данного типа появляется одновременно с подачей управляющего сигнала (время задержки включения не более 1 миллисекунды), а значит включение реле возможно на любом участке синусоидального напряжения. Однако реле данного типа имеют существенный недостаток – возникновение импульсных помех и начальных бросков тока при коммутации. После включения такое реле функционирует как обычное реле с контролем перехода через ноль.



Диаграмма срабатывания ТТР мгновенного включения

Твердотельные реле с фазовым управлением позволяют изменять величину выходного напряжения на нагрузке и управлять нагревательными элементами (регулирование мощности), лампами накаливания (регулирование уровня освещенности).

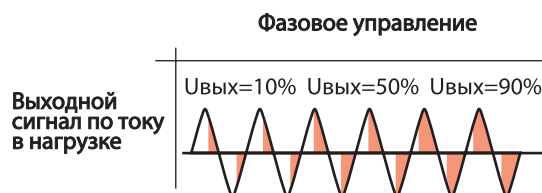


Диаграмма срабатывания ТТР с фазовым управлением

Типы модификаций твердотельных реле

Модификация ZD3 (MDxxxxZD3, HDxxxxZD3, HDNxxxxZD3, BHDxxxxZD3, HTxxxxZD3) применяется в случае необходимости управления твердотельным реле с помощью напряжения постоянного тока 3...32 В.

Модификация ZA2 (HDxxxxZA2, HTxxxxZA2) применяется в случае необходимости управления твердотельным реле с помощью напряжения переменного тока 90...250 В.

Модификация DD3 (HD1025DD3, HD2525DD3, HD4025DD3) разработана для широкого применения в электрических схемах подключения подвижного оборудования с аккумуляторным питанием.

Модификация VA (HD1044VA, HD2544VA, HD4044VA) – это реле с возможностью ручного регулирования на-

пряжения нагрузки при помощи управляющего переменного резистора.

Типы выходов твердотельных реле KIPPRIBOR

Твердотельное реле KIPPRIBOR в зависимости от модификации могут иметь в качестве выходного ключа один из четырех силовых элементов:

- **симисторный выход** (TRIAC) – применяется в реле серий MD, HD, HT всех модификаций с током до 60 А (кроме DD3);
- **транзисторный выход** (Transistor) – применяется в реле серии HD модификации DD3;
- **двойной SCR-выход** (SCR) – применяется в реле серий HDH и BDH всех модификаций;
- **тиристорный выход** (Thyristor) – применяется в реле серий HD и HT всех модификаций с током свыше 60 А.

Симисторные выходные элементы используются в твердотельных реле на номинальные токи до 40 А включительно. Это обусловлено тем, что при двустороннем протекании большего тока, эффективного отвода тепла от кристалла симистора добиться невозможно. Симисторный выход имеют реле серий: MD, HD и HT с номинальными токами до 40 А. В качестве выходных элементов твердотельных реле на токи от 60 А используются только тиристоры, раздельно установленные на охлаждающей подложке. Это дает возможность обеспечить необходимый отвод тепла.

Твердотельные реле серий HDH и BDH, рассчитанные на длительную коммутацию номинальных токов и работу с индуктивной нагрузкой, изготовлены на базе тиристорных SCR-выходов. SCR-выход представляет собой два разнесенных монокристалла, наращенных непосредственно на охлаждающей подложке. Это позволяет добиться еще более эффективного отвода тепла и, следовательно, повысить эксплуатационные характеристики устройства.

Рекомендации по выбору твердотельных реле

Нагрев реле при коммутации нагрузки обусловлен электрическими потерями на силовых полупроводниковых элементах. Но увеличение температуры накладывает ограничение на величину коммутируемого тока. Чем выше температура реле, тем меньший ток оно способно коммутировать. Достижение температуры в 40 °С не вызывает ухудшения рабочих параметров устройства. При нагреве реле выше 60 °С допустимая величина коммутируемого тока сильно снижается (см. графики на стр. 19). Нагрузка в этом случае может отключаться не полностью, а реле перейти в неуправляемый режим работы и выйти из строя.

Следовательно, при длительной работе реле в номинальных, и особенно, «тяжелых» режимах (при длительной коммутации токов свыше 5 А) требуется применение радиаторов или воздушного охлаждения для

рассеивания тепла. При повышенных нагрузках, например, в случае нагрузки «индуктивного» характера (соленоиды, электромагниты и т.п.), рекомендуется выбирать реле с большим запасом по току – в 2–4 раза, а в случае применения твердотельных реле для управления асинхронным электродвигателем необходим 6–10 кратный запас по току.

При работе с большинством типов нагрузок включение реле сопровождается скачком тока различной длительности и амплитуды, величину которого необходимо учитывать при выборе реле.

Для более широкого класса нагрузок можно отметить следующие величины пусковых перегрузок:

- чисто активные (нагреватели) нагрузки дают минимально возможные скачки тока, которые практически устраняются при использовании реле с переключением в «0»;
- лампы накаливания, галогенные лампы при включении пропускают ток в 7...12 раз больше номинального;
- флуоресцентные лампы в течение первых секунд (до 10 с) дают кратковременные скачки тока, в 5...10 раз превышающие номинальный ток;
- ртутные лампы дают тройную перегрузку по току в течение первых 3–5 мин.;
- обмотки электромагнитных реле переменного тока: ток в 3...10 раз больше номинального в течение 1–2 периодов;
- обмотки соленоидов: ток в 10...20 раз больше номинального в течение 0,05–0,1 с;
- электродвигатели: ток в 5...10 раз больше номинального в течение 0,2–0,5 с;
- высокоиндуктивные нагрузки с насыщающимися сердечниками (трансформаторы на холостом ходу) при включении в фазе нуля напряжения: ток в 20...40 раз больше номинального в течение 0,05–0,2 с;
- емкостные нагрузки при включении в фазе, близкой к 90°: ток в 20...40 раз больше номинального в течение времени от десятков микросекунд до десятков миллисекунд.

Способность реле выдерживать токовые перегрузки характеризуются величиной «ударного тока». Это – амплитуда одиночного импульса заданной длительности (обычно 10 мс). Для реле постоянного тока эта величина обычно в 2–3 раза превосходит значение максимально допустимого постоянного тока, для тиристорных реле это соотношение около 10.

Для токовых перегрузок произвольной длительности можно исходить из эмпирической зависимости: увеличение длительности перегрузки на порядок ведет к уменьшению допустимой амплитуды тока (см. графики на стр. 19).

Выбор номинального тока реле для конкретной нагрузки должен заключаться в соотношении между запасом по номинальному току реле и введением дополнительных мер по уменьшению пусковых токов (токоограничивающие резисторы, реакторы и т.д.).

Для повышения устойчивости реле к импульсным помехам параллельно коммутирующим контактам ТТР

имеется внешняя цепь, состоящая из последовательно включенных резистора и емкости (RC-цепь). Для более полной защиты от источника перегрузки по напряжению со стороны нагрузки необходимо включить защитные варисторы параллельно каждой фазе твердотельного реле.

При коммутации индуктивной нагрузки использование защитных варисторов обязательно. Выбор необходимого номинала варистора зависит от величины напряжения питающего нагрузку, и осуществляется исходя из условия:

$$U_{\text{варистора}} = (1,6 \dots 1,9) \times U_{\text{нагрузки}}$$

Тип используемого варистора определяется на основе конкретных характеристик работы реле. Наиболее распространенными сериями отечественных варисторов являются: CH2-1, CH2-2, BP-1, BP-2.

Твердотельное реле обеспечивает надежную гальваническую изоляцию входных и выходных электрических цепей друг от друга, а также токоведущих цепей от элементов конструкции прибора, поэтому применение дополнительных мер изоляции цепей не требуется.