

Биметаллические термореле компании «Ани-Электроника» для широкого применения

Сергей АГАВЕЛОВ
Алексей СКРИПНИК
radio@rtkt.ru

В статье приводится информация о принципах работы термореле и дается обзор устройств этого типа, выпускаемых компанией «Ани-Электроника».

Введение

Приведем некоторые теоретические сведения, связанные с физическим принципом работы термореле.

Теплообмен — это самопроизвольный необратимый процесс переноса теплоты, обусловленный неоднородным полем температуры. Различают три вида теплообмена (теплопроводность, конвекция и лучистый теплообмен). На практике теплообмен обычно осуществляется всеми тремя видами сразу. Теплообмен определяет многие процессы в природе, а также в технике и в быту.

Теплопередача — это теплообмен между двумя теплоносителями через разделяющую их твердую стенку или через поверхность раздела между ними. Теплопередача включает в себя теплоотдачу более горячего тела к стенке, теплопроводность в стенке, теплоотдачу от стенки к более холодному телу.

Тепловой поток — это количество теплоты, переданное через изотермическую поверхность в единицу времени. Тепловой поток, отнесенный к единице поверхности, называется плотностью теплового потока или тепловой нагрузкой (обозначается обычно q). Плотность теплового потока — вектор, численно равный количеству теплоты, передаваемой в единицу времени через единицу площади.

Теплопроводность — это один из видов переноса теплоты (энергии теплового движения микрочастиц) от более нагретых частей тела к менее нагретым, приводящий к выравниванию температуры. При теплопроводности перенос энергии в теле осуществляется в результате непосредственной передачи энергии от частиц (молекул, атомов, электронов), обладающих большей энергией, к частицам с меньшей энергией. Если относительное изменение температуры на расстоянии средней длины пробега частиц мало, то выполняется основной закон теплообмена (закон Фурье): плотность теплового потока q пропорциональна градиенту температуры $grad T$, то есть:

$$q = \lambda \times grad T, \quad (1)$$

где λ — коэффициент, зависящий только от агрегатного состояния вещества, его атомно-молекулярного строения, температуры, давления и состава; $grad T$ — градиент температуры (вектор, показывающий направление наискорейшего изменения температуры, значение которой меняется от одной точки пространства к другой).

Таким образом, косвенным показателем, характеризующим тепловой поток, является температура. Контролируя ее, можно делать вывод о тепловых потоках. При этом следует обратить внимание на то, что в выражении (1) содержится информация о градиенте, то есть о пути движения тепловых потоков. Из этого следует, что, зная температуру и путь движения, можно сделать выводы о тепловых потоках. Вместе с тем градиент характеризует наикратчайший путь изменения температуры. Следовательно, необходима информация о скорости изменения теплового потока.

Конвекция — это перенос теплоты в жидкостях, газах или сыпучих средах потоками вещества. Различают естественную, или свободную, и вынужденную конвекцию.

Естественная конвекция возникает при неравномерном нагреве (нагреве снизу) текучих или сыпучих веществ. Конвекция приводит к выравниванию температуры вещества. При вынужденной конвекции перемещение вещества происходит главным образом под воздействием какого-либо устройства (насоса, мешалки, фена и т. п.). Интенсивность переноса теплоты зависит не только от перечисленных выше факторов, но и от скорости вынужденного движения вещества. Поэтому и здесь без скорости — в нашем случае без времени нарастания температуры — не обойтись.

Лучистый (или радиационный) теплообмен осуществляется в результате процессов превращения внутренней энергии вещества в энергию излучения, переноса энергии излучения и ее поглощения веществом. Согласно закону Стефана — Больцмана, тепловой поток пропорционален 4-й степени температуры по Кельвину! Это сильная зависимость от температуры. Энергия передается элект-

ромагнитным излучением, поэтому передача происходит практически мгновенно. И так как речь идет о 4-й степени температуры, то значение лучистой энергии хорошо (сильно) сказывается при больших температурах. Примером может служить Солнце.

В самом простом и частном случае, если тело, нагретое до температуры T , помещено в среду, температура которой отлична от T , то при известных условиях можно считать, что приращение температуры dT за малый промежуток времени dt с достаточной точностью выражается формулой:

$$dT = -k \times T \times dt, \quad (2)$$

где k — постоянный коэффициент, зависящий от материала тела и среды.

Решая уравнение (2), получаем, что закон изменения температуры от времени имеет экспоненциальный вид:

$$T = c \times e^{-kt}, \quad (3)$$

где c — постоянный коэффициент, зависящий от материала тела и среды.

Из всего этого видно, что контролировать тепловые потоки можно, учитывая:

- направление тепловых потоков;
- величину температуры T ;
- зависимость изменения температуры от времени.

Принцип работы биметаллических термореле

Биметаллические реле просто и достаточно точно превращают изменения тепловых потоков в механическую энергию, коммутируя тем самым электрические цепи. На сегодняшний день они являются одними из наиболее эффективных средств контроля и управления теплообменом. Преобразование тепловой энергии в механическую в таких реле осуществляется с помощью пластины или диска, выполненных из биметалла. Их действие основано на использовании разности линейного расширения двух разнородных метал-

лов, приводящего к изгибу пластины и, как следствие, к замыканию или размыканию контактов.

Конструктивное исполнение

Наибольшее распространение получила такая конструкция биметаллических термореле: на нижнем торце корпуса в виде цилиндра, изготовленного из термостойкой пластмассы, находится металлическая термочувствительная площадка и прижимной кронштейн (с двумя отверстиями под винты или шурупы) для крепления термореле к точке контроля температуры, а на другом торце — выводы лепестков для соединения с коммутируемыми цепями. Одно из требований к установке термореле — обеспечение надежного контакта поверхностей объекта контроля и внешней термочувствительной площадки. Это очень важно, так как существует вероятность прогиба площадки при сильном прижатии, приводящего к изменению расстояния от нее до биметаллического диска, что может привести к нестабильной работе термореле. В свою очередь, плохое прижатие приведет к плохой теплопередаче, что влияет на скорость срабатывания термореле. Существуют и другие конструкции, отличные от приведенной, например:

- выводы выполнены не в виде лепестков, а в виде гибких проводов;
- крепление осуществляется не через прижимной кронштейн, а резьбой (M4–M10);
- открытый корпус;
- регулируемые, с рукояткой для установки температуры срабатывания.

Возврат в исходное состояние

По типу возврата в исходное состояние биметаллические термореле подразделяются на терморегуляторы (с самовозвратом или бескнопочные) и термоограничители (без самовозврата или с ручным возвратом, то есть кнопочные).

Терморегуляторы — это чувствительные к температуре устройства, которые поддерживают температуру прибора в определенных пределах путем автоматического отключения или включения цепи. В исходное положение терморегулятор возвращается самостоятельно после понижения температуры.

Термоограничители — устройства, чувствительные к температуре, которые размыкают цепь при достижении в приборе заданного значения температуры. В исходное состояние термоограничитель возвращается нажатием кнопки.

Виды срабатывания контактов

Реле могут быть замыкающими и размыкающими. Размыкающий контакт — это контакт, который при воздействии повышенной температуры на чувствительный элемент размыкается, то есть в обычном состоянии замк-

нут (нормально замкнутый контакт). Замыкающий контакт — наоборот, при повышении температуры до заданной замыкается, следовательно, в обычном состоянии контакт разомкнут (нормально разомкнутый контакт).

Основные области применения

К областям наиболее широкого применения биметаллических реле относятся: электронагреватели, радиаторы, электро- и газовые котлы, электрические плиты и термосы, пылесосы, фены, калориферы, теплообменники, тепловые завесы, обогреватели сидений и т. д. Вместе с тем биметаллические термореле используются не только в зонах нагрева, но и в зонах хранения (до 20 °С, то есть в овощехранилищах, на птицефабриках, в теплицах, термокухнях камер видеонаблюдения) — то есть практически везде, где требуется дискретное регулирование температуры или аварийный контроль ее состояния. Например, в газовых котлах используются терморегуляторы (в качестве датчиков тяги и датчиков перегрева, настроенные соответственно на 80 и 95 °С), имеющие функцию аварийного отключения подачи тепла. В накопительных водонагревателях аккумуляционного типа используются терморегуляторы, настроенные на отключение при температуре 50 °С и включение при температуре 40 °С. Их назначение — поддержание температуры в требуемом диапазоне (термостатирование).

Основные функциональные параметры и характеристики

Термореле характеризуются следующими основными параметрами.

Температура срабатывания — значение температуры, при достижении которой происходит срабатывание исполнительного элемента. Размыкающий контакт размыкается, замыкающий — замыкается. В зависимости от типа биметаллического термореле температура срабатывания находится в диапазоне от –35 до +420 °С. Как правило, значение температуры срабатывания выбирается из ряда, имеющего дискретность 5 °С.

Температура возврата — температура, при которой происходит возврат исполнительного элемента в исходное состояние при снижении температуры чувствительного элемента. При этом размыкающий контакт замыкает, а замыкающий — размыкает цепь.

Гистерезис — разность между температурой срабатывания и температурой возврата.

Температура срабатывания всегда выше температуры возврата. То есть срабатывание происходит при подъеме температуры, и наоборот, возврат — при понижении температуры.

Термореле, настроенное на температуру срабатывания ниже комнатной, скажем, 0 °С, при нормальной температуре будет находиться в состоянии срабатывания. При снижении температуры до температуры возврата про-

исходит переход терморегулятора в нормальное состояние.

Погрешность температуры срабатывания — величина отклонения, выраженная в процентах от номинального значения. Как правило, это значение выбирается из следующего ряда: ±3%, ±6%, ±10%.

Время срабатывания — это время, за которое происходит коммутация электрической цепи после достижения термореле температуры срабатывания с момента внезапного перемещения выключателя из среды с температурой 20–50 °С в среду с реальной температурой срабатывания выключателя.

Коммутируемый ток и напряжение — как правило, нормируются значения переменного тока и напряжения, например 16 А, 220 В.

Вид и значение коммутируемого тока и напряжения существенно сказывается на параметрах надежности изделий. Так, при коммутации переменного тока и напряжения с значениями соответственно 16 А и 220 В число циклов срабатывания составляет 30 тыс., а при токе 1–3 А — 100 тыс.

Переходное сопротивление — не более 50 мОм. В ряде случаев требуются меньшие значения переходного сопротивления. Например, коммутируются напряжения низкого уровня от термореле с токами меньше 1,5 А, что характерно для использования термореле в газовых котлах и газовых колонках. В этом случае требуются изделия с переходным сопротивлением 20 мОм и менее.

Выбор термореле в зависимости от скорости изменения температуры

Для выбора типа биметаллического термореле в зависимости от скорости изменения температуры среды, как правило, используют один из двух путей:

- Потребитель сам решает задачу в соответствии с уравнением теплового баланса, то есть теоретически по формулам производит расчет и сообщает изготовителю термореле информацию о скорости изменения температуры в месте предполагаемого крепления требуемого изделия.
- Потребитель не углубляется в теорию, а на основе практических знаний формирует требования к диапазону температур и предоставляет их изготовителю термореле. На основании этих требований изготовитель предоставляет несколько типов термореле с небольшим, заранее оговоренным разбросом параметров (по температуре и скорости срабатывания). После этого потребитель опытным путем, меняя место закрепления относительно точки нагрева, находит наиболее приемлемый вариант. Следует учитывать, что чаще всего скорость срабатывания термореле разных производителей отличается, и при смене изделия на продукцию иного производителя нередко трудно добиться повторяемости результатов.

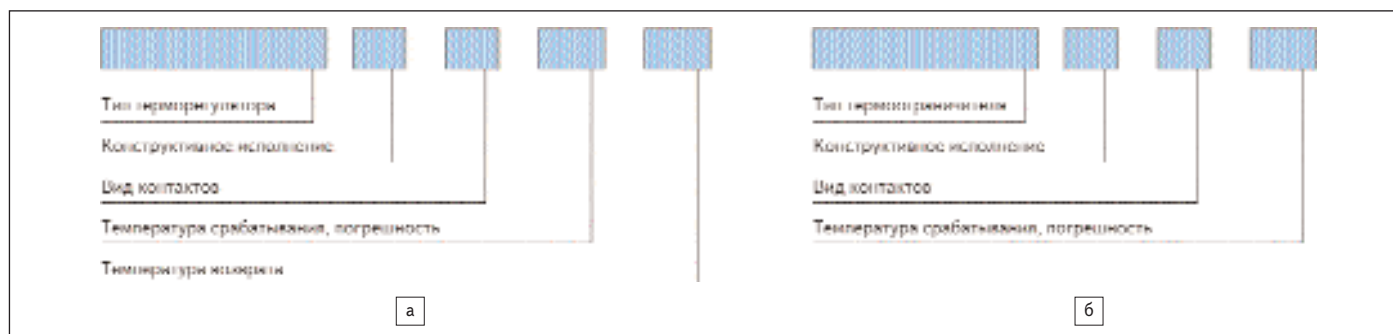


Рисунок. Обозначение терморегуляторов «Ани-Электроника»: а — терморегуляторы; б — термоограничители

Биметаллические термореле фирмы «Ани-Электроника»

В числе рассматриваемой продукции широкое распространение получили биметаллические термореле, производимые ЗАО «Ани-Электроника». Основные параметры данных изделий представлены в таблице.

Обозначение терморегуляторов «Ани-Электроника» определяется в соответствии со схемой, приведенной на рисунке.

Пример обозначения терморегулятора ТК20 конструктивного исполнения 01, имеющего: вид контактов размыкающий — 1, температура срабатывания — 120 °С, погрешность срабатывания ±6%, температура возврата — 100 °С: ТК20-01-1-120 °С ±6% -100 °С.

Пример обозначения термоограничителя ТК30 конструктивного исполнения 02 со следующими характеристиками: вид контактов размыкающий — 1, температура срабатывания — 100 °С, погрешность срабатывания — ±3%: ТК30-02-1-100 °С ±3%.

Конкретные значения температуры срабатывания и возврата, значения требуемой погрешности, конструктивное исполнение, а также тип контактов могут быть скорректированы в пределах указанных температурных диапазонов по требованию заказчика.

Если потребитель не знает, какой тип термореле фирмы «Ани-Электроника» ему требуется, целесообразно определиться по следующим вопросам и представить ответы на них их поставщику:

Таблица. Основные параметры термореле ЗАО «Ани-Электроника»

Величина	Обозначение									
	ТК20	ТК30	ТК24	ТК32	ТК40	ТКР	ТКРМ	ТК90	ТК100	
Внешний вид	а	б	в	г	д	е	ж	з	и	
Максимальное напряжение, В	~250	~250	~250	~250	~250	~250	~250	~250	~250	
Максимальный коммутируемый ток, А	10	10	16	16	12	16	16	10	6,3	
Число циклов при максимальном токе, тыс. шт.	10	10	30	30	10	20	20	30	20	
Темп. срабатывания °С	20÷170	50÷170	-35...+220	10÷220	50÷170	0÷250	0÷250	150÷425	0÷70	
Погрешн. температуры срабатывания, ± %	3; 6; 10	3; 6; 10	3; 6; 10	3; 6; 10	6; 10	1; 5	1; 5	15; 25	1	
Гистерезис из ряда, °С	20; 50	—	10	—	50	5; 10	5; 10	50; 10	3; 6	
Степень защиты оболочки	IP67	IP4X	IP4X	IP4X	IP00	IP00	IP00	IP4X	IP4X	



- требуется ли термореле с самовозвратом (кнопочное);
- необходимо ли термореле с возможностью для потребителя регулирования температуры срабатывания;
- вид напряжения коммутации и его максимальное, номинальное, минимальное значение;
- максимальное, номинальное, минимальное значение коммутируемого тока;
- переходное сопротивление (мОм);
- тип контакта (размыкающий или замыкающий);
- температура срабатывания;
- температура возврата;
- относительная погрешность;
- конструктивное исполнение (с крепежным хомутом; с лепестками; с лепестками, согнутыми под углом 90°; без лепестков с проводами; длина и тип провода; с резьбовым хвостом; размер резьбы);
- степень защиты оболочки;
- окружающая среда, климатические воздействия, механические воздействия.

Все изделия из таблицы, кроме ТКР-1, 2, 3 и 4, не позволяют осуществлять регулировку температур срабатывания потребителем.

Изделия типов ТКР-1, 2, 3 и 4, ТК-100 и ТК-40 предназначены для работы в нормально загрязненной среде. Остальные — для работы в сильно загрязненной среде.

Вид климатического исполнения всех приборов — УХЛ4.