

## Лабораторная работа № 4

### ЭЛЕКТРОТЕПЛОВОЕ РЕЛЕ

**Цель работы:** ознакомиться с принципом действия, устройством и основными характеристиками тепловых термобиметаллических тепловых реле.

#### 1 Предмет исследования

Тепловыми называются реле, срабатывающие при заданной температуре нагрева их чувствительного к температуре элемента. Среди тепловых токовых реле наиболее широкое распространение получили реле с биметаллическим механизмом. Они имеют низкую стоимость, просты в устройстве, чувствительны и обладают стабильными защитными характеристиками.

Биметаллические тепловые реле получили очень широкое применение в качестве реле защиты электродвигателей (главным образом переменного тока) от недопустимого перегрева при длительных перегрузках, потере фазы, являются элементом магнитных пускателей, автоматических выключателей и т.д.

Надежность и эффективность этой защиты достигаются при совпадении временных характеристик по нагреву у реле и потребителей.

Основным элементом теплового реле является биметаллическая пластина, которая состоит из двух, прочно сваренных между собой по всей поверхности металлов, имеющих различные температурные коэффициенты линейного расширения, КТР. Слой с большим КТР называют активным, с меньшим – пассивным. Плоская полоса биметалла при нагревании изгибается в сторону слоя с меньшим КТР.

Величина прогиба и усилие, развиваемое биметаллической пластиной, прямо пропорциональны разности КТР. Поэтому для активного слоя применяются материалы с возможно большим КТР, а для пассивного с меньшим.

Чистые металлы почти не используются в качестве компонентов биметаллов, так как плохо свариваются, имеют разные модули упругости.

Наибольшее применение находят сплавы железо-никель, с содержанием никеля более 20%.

Сплав железа с 36% никеля получил название инвар (неизменный). Инвар легированный кобальтом – суперинвар.



Иногда в сплав добавляют хром, титан, алюминий. Каждый из этих сплавов имеет низкое и стабильное значение КТР в интервале температур 200-250<sup>0</sup>С, применяются в качестве пассивных элементов. Активными компонентами обычно являются железоникелевые сплавы с содержанием никеля 20-25%, КТР которых в 18-20 раз больше чем у инвара. Близким к инвару модулем упругости и хорошей свариваемостью обладают латунь, бронза.

Различают три способа нагрева биметалла:

- непосредственный, когда биметалл нагревается проходящим по нему током;
- косвенный, когда тепло передается биметаллу от специального нагревателя, обтекаемого током защищаемого объекта;
- комбинированный, объединяющий первые два способа.

Реле с непосредственным нагревом имеют наименьшее время срабатывания, просты по устройству, но их можно изготовить только на определенный ток, трудно согласовать защитные характеристики реле и защищаемого объекта из-за большого различия постоянных времени нагрева реле и защищаемого объекта. Термическая устойчивость таких реле мала. Непосредственный нагрев применяется в реле на номинальные токи до 10-20 А.

Реле с косвенным нагревом имеют наибольшую тепловую инерционность и позволяют получить хорошее согласование защитных характеристик реле и объекта при небольших кратностях тока перегрузки относительно тока срабатывания реле. Реле можно отстроить от влияния пусковых токов электродвигателя.

Реле одной серии имеют высокую степень унификации, отличаясь только нагревательными элементами. Время срабатывания практически не зависит от кратности тока перегрузки, что приводит к перегреву нагревателя и выходу его из строя. Хуже согласуются защитные характеристики.

Реле с комбинированным нагревом позволяет объединить положительные стороны двух предыдущих типов реле и получить удовлетворительное согласование защитных характеристик в большом диапазоне токов перегрузки.

Основные требования, предъявляемые к конструкциям тепловых реле – малая зависимость уставки тока срабатывания от температуры окружающей среды и скачкообразное переключение контактов.



Первое требование удовлетворяется путем повышения рабочей температуры срабатывания биметаллического устройства.

Второе требование можно удовлетворить использованием механизмов мгновенного действия, механизмов свободного расцепления с помощью различных пружин.

Часто встречаются тепловые реле с контактами спускового типа. При нагревании биметаллической пластины, она поворачивается относительно заземленной оси, пружинная защелка выходит из зацепления, контакты срабатывают. Возврат в исходное положение возможен после охлаждения пластины с помощью специальной кнопки возврата.

В реле с контактами опрокидывающего типа скачком изменяет положение выведенная из равновесия цилиндрическая пружина, один конец которой заземлен, а второй связан с переключающим контактом. Системы спускового типа имеют ручной возврат, системы опрокидывающего типа могут иметь как ручной, так и самовозврат.

Биметаллическая пластина должна при токе нагрузки защищаемого объекта достигнуть температуры срабатывания за такое время, за которое защищаемый объект выдержит данную перегрузку. Одной из основных характеристик теплового реле является защитная или времятоковая характеристика. Защитной характеристикой теплового реле называют зависимость времени срабатывания реле от тока, или его кратности по отношению к току срабатывания.

Защитная характеристика имеет гиперболический вид. Чем больше ток в цепи, тем быстрее нагревается биметаллическая пластина до температуры срабатывания. Минимальную величину тока срабатывания называют пограничным током.

При номинальном токе защищаемого объекта тепловое реле не должно срабатывать, значит номинальный ток теплового реле должен быть меньше тока срабатывания и равен току защищаемого объекта. Номинальный ток теплового реле подбирают с учетом характера нагрузки. Наиболее часто встречаемый вариант: срабатывание должно происходить при токе равном  $(1,2-1,3) I_n$ .

Время срабатывания не превышает 20 мин. Из-за инерционности теплового процесса тепловые реле не могут защищать объект при коротком замыкании.

Одним из наиболее часто встречающихся видов повреждения асинхронных двигателей является обрыв фазы, например при сгорании одного предохранителя. Ток двухфазного режима незначительно превы-



шает номинальный ток двигателя, но длительное протекание тока может привести к значительному повышению температуры, а чувствительность обычных двухполюсных тепловых реле недостаточна для отключения аварийной цепи.

В настоящее время выпускаются и применяются трехполюсные тепловые реле с ускоренным срабатыванием при обрыве фазы. Они отличаются тем, что ток срабатывания двухфазного режима меньше тока срабатывания трехфазного режима. Таким образом осуществляется дифференциальная защита.

Ток срабатывания можно регулировать с помощью пружин, связанных с биметаллической пластиной или изменением хода пластины до защелки.

## 2 Программа работы и порядок ее выполнения

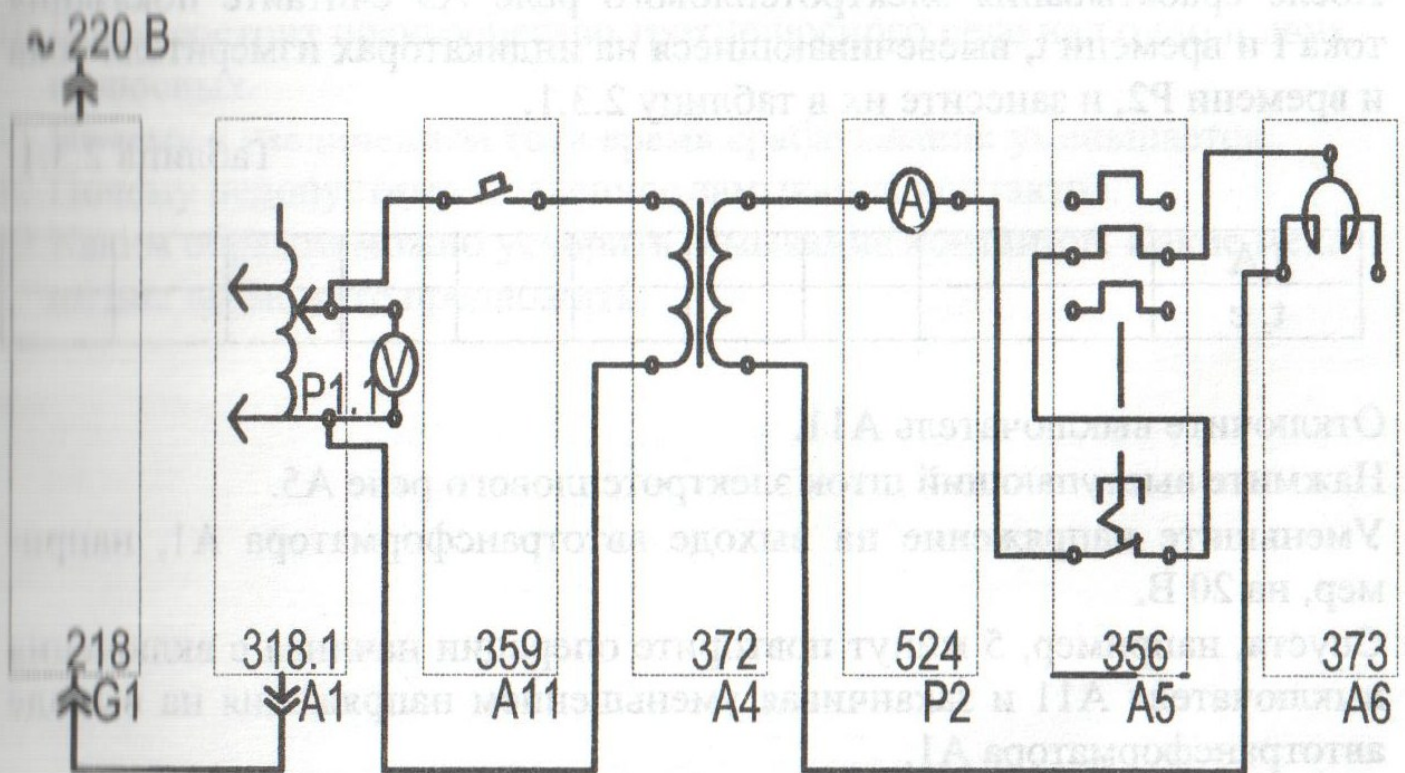
1. Собрать электрическую схему.
2. Снять защитную характеристику теплового реле – зависимость времени срабатывания от тока при крайних положениях указателя уставки.

### 2.1 Перечень аппаратуры

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
G1	Однофазный источник питания	218	~220 В/16 А
A1	Регулируемый автотрансформатор	318.1	~0...240 В/2 А
A4	Однофазный трансформатор	372	120 ВА 220/24 В
A5	Электротепловое реле	356	~3x220 В/10А Уставка реле: 0,42...0,58 А.
A6	Сдвоенный реактор	373	~220 В/2x5 А 0,005 Гн
A11	Автоматический однополюсный выключатель	359	~230 В / 0,5 А
P1	Блок мультиметров	508.2	3 мультиметра ≅ 0...1000 В ≅ 0...10 А 0...20 МОм
P2	Измеритель тока и времени	524	0...5 А 0,01...999 с



## 2.2 Схема электрическая соединений



## 2.3 Указания по проведению эксперимента

- Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
- Соедините гнезда защитного заземления « $\oplus$ » устройств, используемых в эксперименте, с гнездом «РЕ» автотрансформатора A1.
- Соедините аппаратуру в соответствии со схемой электрической соединений.
- Отключите выключатель A11.
- Поверните регулировочную рукоятку автотрансформатора A1 в крайнее против часовой стрелки положение.
- Вращая регулировочный винт, установите желаемую уставку электротеплового реле A5.
- Если выступает шток электротеплового реле A5, то нажмите его.
- Включите автоматический выключатель и устройство защитного отключения в однофазном источнике питания G1.
- Включите выключатели «СЕТЬ» автотрансформатора A1, блока мультиметров P1, измерителя тока и времени P2.
- Активизируйте используемый мультиметр P1.1.
- Вращая регулировочную рукоятку автотрансформатора A1, установите по вольтметру P1.1 напряжение, на выходе автотрансформатора A1 равное, например, 200 В.



- Включите выключатель А11.
- После срабатывания электротеплового реле А5 считайте показания тока  $I$  и времени  $t$ , высвечивающиеся на индикаторах измерителя тока и времени Р2, и занесите их в таблицу 2.3.1.

Таблица 2.3.1

$I, A$										
$t, c$										

- Отключите выключатель А11.
- Нажмите выступающий шток электротеплового реле А5.
- Уменьшите напряжение на выходе автотрансформатора А1, например, на 20 В.
- Спустя, например, 5 минут повторите операции начиная с включения выключателя А11 и заканчивая уменьшением напряжения на выходе автотрансформатора А1.
- Операции повторяйте до тех пор, пока после включения выключателя А11 электротепловое реле А5 не перестанет отключаться.
- Отключите автоматический выключатель в однофазном источнике питания G1.
- Отключите выключатели «СЕТЬ» автотрансформатора А1, блока мультиметров Р1, измерителя тока и времени Р2.
- Используя данные табл. 2.3.1, постройте искомые времятоковые характеристики  $t = f(I)$  электротеплового реле.
- По графику определите ток срабатывания, пограничный ток и номинальный ток.

### 3 Вопросы для самоконтроля

1. Объясните принцип действия теплового реле.
2. Для чего необходимо увеличивать температуру срабатывания теплового реле.
3. Что такое защитная характеристика теплового реле.
4. В чем суть согласования защитных характеристик теплового реле и защищаемого объекта.
5. Чем будут отличаться характеристики при нагревании биметаллических пластин различными способами.
6. Какие методы нагрева биметаллических пластин вы знаете.
7. Что такое ток срабатывания, пограничный ток, номинальный ток.
8. Какой вид имеет защитная характеристика.



9. Влияет ли начальная температура теплового реле на защитную характеристику.
10. В чем состоит преимущество трехполюсного реле над одно и двух полюсными.
11. Почему с увеличением тока время срабатывания уменьшается.
12. Почему недопустимо медленное замыкание контактов.
13. Каким образом можно ускорить замыкание контактов. Какие механизмы вы можете предложить.