

Министерство сельского хозяйства РФ
Департамент кадровой политики и образования
Волгоградская государственная сельскохозяйственная академия

Кафедра Электроснабжения с.х. и ТОЭ

ИСПЫТАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ И ИНДУКЦИОННЫХ РЕЛЕ

Методические указания по выполнению лабораторных работ

Волгоград 2006

Одобрено и рекомендовано к печати кафедрой «Электроснабжение сельского хозяйства и ТООЭ» и методической комиссией факультета электрификации с.х. ВГСХА.

Испытание электромагнитных и индукционных реле. Методические указания по выполнению лабораторных работ / Сост. Р.П. Короткий, В.В. Цыганов; Волгогр. гос. с.-х. акад. Волгоград, 2005, 28 с.

Приведены указания по выполнению лабораторных работ на темы «Испытания электромагнитных реле тока РТ-40 и напряжения РН-50» и «Испытание индукционного реле тока».

Для студентов очного и заочного обучения по специальности 110302 «Электрификация и автоматизация сельского хозяйства».

Лабораторная работа №5

ИСПЫТАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ РЕЛЕ ТОКА РТ-40 И НАПРЯЖЕНИЯ РН-50.

Цель работы: отработать практические навыки по испытанию электромагнитных реле и регулировке их параметров срабатывания.

Программа работы:

- 1) Изучить принцип действия, конструкцию, способ включения и регулировки параметров срабатывания. Регулировку электрических характеристик реле и методику их испытаний.
- 2) Ознакомиться с приборами и оборудованием, необходимыми для выполнения работы.
- 3) Проверить состояние механических частей электромагнитных реле РТ-40 и РН-50.
- 4) Провести испытания реле РТ-40 и РН-50 с целью проверки соответствия их техническим данным.
- 5) Сделать выводы по содержанию опытов.

Выполнение работы

Пункт 1 программы выполняется самостоятельно при подготовке к лабораторной работе. При этом используется указанная литература и материал настоящих методических указаний. В отчете следует привести схему внутренних соединений реле РТ-40 и РН-50.

2. В состав лабораторного стенда входят:

- рубильник, коммутирующий переменное напряжение 220/127В;
- лабораторный автотрансформатор (ЛАТр);
- понижающий трансформатор 220/80/24В;

- реле тока РТ-40/10 и реле напряжения РН-54/160, контактные системы этих реле, с последовательно соединенными сигнальными лампами подключены к рубильнику;
- амперметр 0-5А с трансформатором тока;
- вольтметр 0-100В.

3. Проверку механической части реле проводят без разборки в следующем объеме: состояние кожуха и уплотнений, наличие всех деталей; надежность их крепления, четкость хода подвижной системы и возврата ее в исходное положение, убедиться в отсутствии заедания подшипников.

4. Для реле РТ-40/10 и РН-54/160 в лабораторной работе определить параметры срабатывания и возврата, для трех уставок в начале, середине и конце шкалы уставок. На каждой уставке делается не менее пяти измерений, результаты заносятся в таблицу 1.

Таблица 1

Тип реле	Уставка по шкале	Параметр срабатывания						Параметр возврата						Кв	δ%	ΔП, %
		№ опытов						№ опытов								
		1	2	3	4	5	средн. знач. параметров	1	2	3	4	5	средн. знач. параметров			

Вычислить и занести в табл. 1. значения:

Кв – коэффициентов возврата реле.

δ% - погрешность параметра срабатывания реле.

ΔП% - разброс параметра срабатывания реле.

Испытания следует проводить по схемам рис. 1. а) для реле тока РТ-40/10. рис. 2. для реле напряжения РН-54/160.

Проверить отсутствие вибраций контактов реле.

Для реле РТ-40/10 испытания провести на уставке в середине шкалы при плавном изменении тока до десятикратного тока уставки.

Для реле РН-54/160 испытания провести на уставке в середине шкалы плавно изменяя напряжение в пределах от наибольшего рабочего напряжения реле до $0,95U_{cp}$.

5) Результаты полученные в пункте 4 программы сравнить с техническими данными реле и сделать вывод о техническом состоянии реле.

При необходимости указать, какие регулировки механической части реле и каким образом следует произвести, чтобы электрические характеристики реле соответствовали техническим данным.

Контрольные вопросы

- 1) Какими способами регулируются ток и напряжение срабатывания у реле типов РТ-50 и РН-50 (ступенчато и плавно)?
- 2) По каким схемам проводятся испытания реле РТ-40 и РН-50?
- 3) Дайте определение максимальных и минимальных реле. Приведите примеры.
- 4) Как производится настройка реле на заданную уставку?
- 5) Как производится регулировка коэффициента возврата реле?
- 6) В чем состоит проверка работы контактов реле?
- 7) Каким испытаниям подвергались в лабораторной работе реле напряжения и тока? С какой целью?

Лабораторная работа №6

ИСПЫТАНИЕ ИНДУКЦИОННОГО РЕЛЕ ТОКА

Цель работы: отработать практические навыки по испытанию и регулировке параметров срабатывания индукционного реле тока типа РТ-80.

Программа работы

- 1) Изучить устройство, принцип действия, способы включения, регулировку электрических характеристик реле и методику их испытаний.
- 2) Ознакомиться с приборами и оборудованием, необходимыми для выполнения работы.
- 3) Проверить состояние механических частей индукционного реле тока типа РТ-84/2.
- 4) Провести испытания реле РТ-84/2 в следующем объеме:
 1. Провести испытания индукционного элемента реле РТ-84/2.
 2. Провести испытание электромагнитного элемента реле РТ-84/2 (отсечки).
 3. Проверить соответствие время-токовой характеристики реле техническим условиям.
 4. Сделать выводы по содержанию опытов.

Выполнение работы

Пункт 1 программы выполняется самостоятельно при подготовке к лабораторной работе. При этом используется указанная литература и материал настоящих методических указаний.

2. В состав лабораторного стенда входят:

- рубильник, коммутирующий переменное напряжение 220/127В; лабораторный автотрансформатор (ЛАТр);
- понижающий трансформатор 220/80/24 В;
- реле тока РТ-84/2 замыкающийся контакт которого используется для отключения секундомера.
- Секундомер, подключаемый к рубильнику через тумблер.
- Амперметр 0-5 А с трансформатором тока расширяющем его пределы измерения.

3. Проверяется состояние кожуха и уплотнений, наличие всех деталей и надежность их крепления, четкость хода подвижной системы и возврата ее в исходное положение, зазоры между полюсами магнита и диском, свободный ход осей у рамки якоря отсечки и зубчатого сектора, отсутствие заедания в подшипниках и подпятниках.

4. Собрать схему рис. 1. б)

Испытание индукционного элемента реле РТ-84/2 провести в следующем порядке:

- Установить на реле минимальную уставку тока срабатывания реле (индукционного элемента) и максимальные уставки времени срабатывания реле и тока срабатывания отсечки, после чего, включив рубильник и плавно увеличивая ток в реле определить ток начала работы индукционного элемента (секундомер при этом отключен тумблером).

- Определить токи срабатывания и возврата индукционного элемента реле для трех уставок в начале, середине и конце шкалы уставок.

Ток срабатывания индукционного элемента измеряют при плавном увеличении тока в реле в момент зацепления сектора с червяком, а ток возврата – при плавном снижении тока в момент расцепления этих элементов. На каждой уставке делается не менее пяти измерений, результаты заносятся в таблицу аналогичную табл. 1 лабораторной работы по испытанию электромагнитных реле. В эту же таблицу заносятся

рассчитанные величины коэффициентов возврата, погрешности и разброса тока срабатывания реле.

Испытания электромагнитного элемента (отсечки) реле РТ-84/2 следует проводить при минимальной уставке индукционного элемента (уставки реле) $I_{y \min}$ и максимальной уставке элемента выдержки времени.

При этом определяется ток срабатывания отсечки по всей шкале ее уставок (т.е. при кратности отсечки от 2 до 8). Измерения должны проводиться при разомкнутой магнитной системе реле в следующем порядке.

Поставить исходные уставки $I_{y \min}$, $T_{y \max}$ и проверяемую уставку электромагнитного элемента $K_{отс}$.

Плавно поднять ток в реле до величины несколько меньшей тока срабатывания отсечки $I_{со}$, выключить рубильник. После чего броском подавая ток в реле (включая рубильник), проверить действие отсечки. Если отсечка не срабатывает, повторить опыт, несколько увеличивая ток. Добиться четкого срабатывания отсечки (10 из 10 раз). Вставить в магнитный зазор реле отсечки немагнитную прокладку (в несколько раз свернутую бумажку), включить рубильник и измерить ток. Этот ток и будет током срабатывания отсечки. Повторить измерение на каждой уставке не менее трех раз. Данные измерений занести в таблицу 2.

Таблица 2

Уставка реле	Кратность отсечки	Ток срабатывания отсечки, А				Погрешность $\delta\%$
		1	2	3	$I_{ср}$	
	2					
	4					
	6					
	8					

Вычислить значения погрешности $\delta\%$ и занести в таблицу.

Ток срабатывания отсечки определить как произведение уставки реле на кратность отсечки

$$I_{co} = I_y \cdot K_{отс}$$

Так как измеряемые токи могут превышать номинальный ток реле, то чтобы не допустить перегрева обмотки реле, ток в реле следует подавать короткими импульсами с интервалом 5-6 с. После серии включений и измерения тока срабатывания отсечки реле должно остывать в течение 1 мин.

Проверку соответствия временной характеристики реле техническим условиям, следует проводить следующим образом:

Поставить исходные уставки реле;

Ток уставки реле минимальный для данного типа реле $I_{y.p.} = I_{y \min}$;

Ток срабатывания отсечки максимальный $K_{отс} = K_{отс \max}$.

Время уставки реле по заданию преподавателя.

При отключенном секундомере плавно поднимают ток в реле до нужной величины, не нарушая регулировки тока, отключают рубильник. Включив тумблером секундомер толчком подают ток в реле. После остановки секундомера рубильник отключают, считывают показания секундомера и заносят их в таблицу 3.

Таблица 3

Уставка реле	Кратность тока в реле, K_I	Время срабатывания					
		1	2	3	4	5	t ср
I_y, A	1,5						
	4						
T_y, c	10						

Нужную величину тока в реле I_p определяют как произведение кратности тока K_I на ток уставки реле $I_{y.p.}$

$$I_p = K_I \cdot I_{y.p.}$$

Измерения проводятся пятикратно для каждой кратности тока в реле.

Чтобы получить представление о точности временной характеристики достаточно провести опыты при кратности тока в реле по отношению к току уставки равной 1,5; 4,0; 10,0.

После чего определяются при кратности тока:

$K_1 = 1,5$ – абсолютное значение разброса времени срабатывания реле, сек.

$K_1 = 4$ – среднее значение времени срабатывания $t_{ср}$, сек.

$K_1 = 10$ – абсолютное значение отклонения времени срабатывания реле (погрешность) сек.

5. Вычисленные в пункте 4 программы значения величины сравниваются с техническими данными реле и делаются выводы о техническом состоянии реле. При необходимости указать, какие регулировки необходимо выполнить, чтобы электрические характеристики реле соответствовали техническим данным. (При выполнении этого пункта в отчете привести заданную преподавателем времятоковую характеристику реле с нанесенными на неё полученными точками при кратности тока в реле 1,5; 4,0 и 10,0).

Контрольные вопросы

- 1) Каким образом регулируются параметры срабатывания реле типа РТ-80?
- 2) По каким схемам проводятся испытания реле РТ-80? В чем преимущество реостатной схемы?
- 3) Какие преимущества и недостатки использования РТ-80 по сравнению с реле РТ-40?
- 4) Каким образом получается ограниченно зависимая характеристика реле РТ-80?
- 5) Как действует токовая отсечка в реле РТ-80?
- 6) В чем разница между реле РТ-84 и РТ-85?
- 7) От чего зависит коэффициент возврата индукционной части реле РТ-80 и как он регулируется?

- 8) Что такое инерционный выбег реле?
- 9) Как измениться ток срабатывания отсечки, если при неизменной кратности отсечки $K_{отс}$, ток уставки реле I_y увеличится, уменьшится?
- 10) Каким испытаниям подвергают реле РТ-80 и с какой целью?

ПРИЛОЖЕНИЕ

1. Схемы испытаний реле тока и напряжения

Для изменения тока при испытании токовых реле широко используются схемы с нагрузочными трансформаторами. Первичная обмотка (с большим числом витков) нагрузочного трансформатора подключается к источнику питания, вторичная (с малым числом витков) подключается к реле. Изменением сравнительно небольших токов в первичной обмотке нагрузочного трансформатора позволяет регулировать в широких пределах токи в реле. Чтобы эта регулировка была плавной, первичная обмотка нагрузочного трансформатора подключается к сети не на прямую, а через регулировочное устройство. В качестве регулировочного устройства можно использовать реостат или лабораторный автотрансформатор (ЛАТр). Так как сопротивление обмоток реле невелико, то как правило токи проходящие через него во всем диапазоне регулирования будут синусоидальны. В противном случае, последовательно с обмоткой реле следует включить добавочное сопротивление. При этом следует убедиться, что рабочие точки нагрузочного трансформатора находятся на линейном участке кривой намагничивания.

Пределы изменения токов при испытании токовых реле, как правило, не укладываются в пределы измерения амперметров. Поэтому амперметр включается в цепь реле через измерительный многопредельный трансформатор тока.

Для измерения времени срабатывания реле используют электрический секундомер, включая замыкающийся контакт реле параллельно обмотке электрического секундомера.

Для изменения напряжения при настройке реле РН-50 применяются схемы с автотрансформатором. При настройке реле с малыми пределами уставок требуется плавное регулирование напряжения небольшого значения. В этих случаях можно применить схему с понижающим трансформатором.

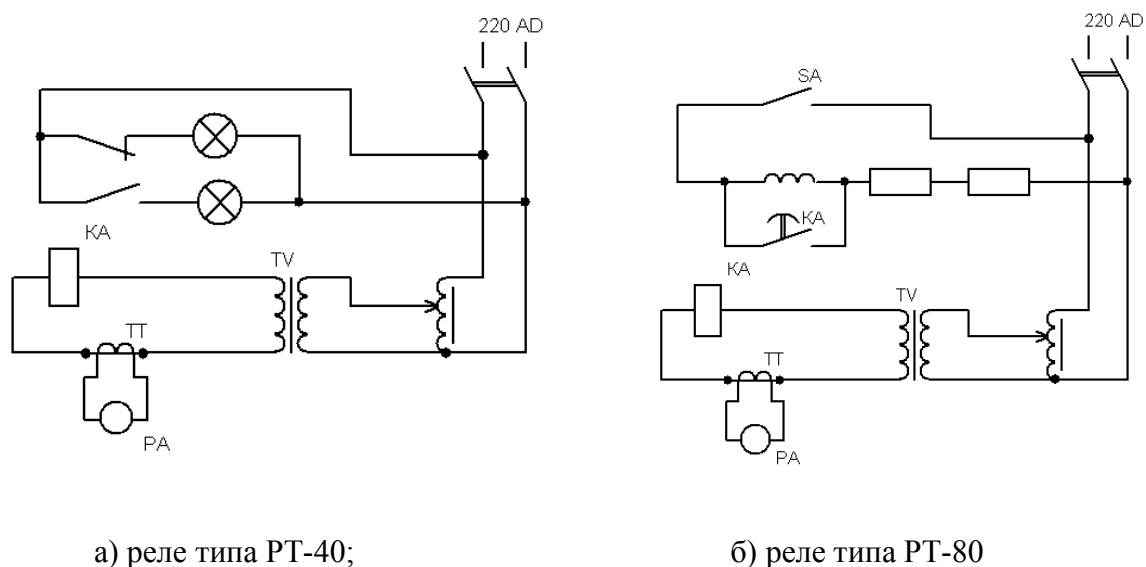


Рис. 1. Схема испытания токовых реле

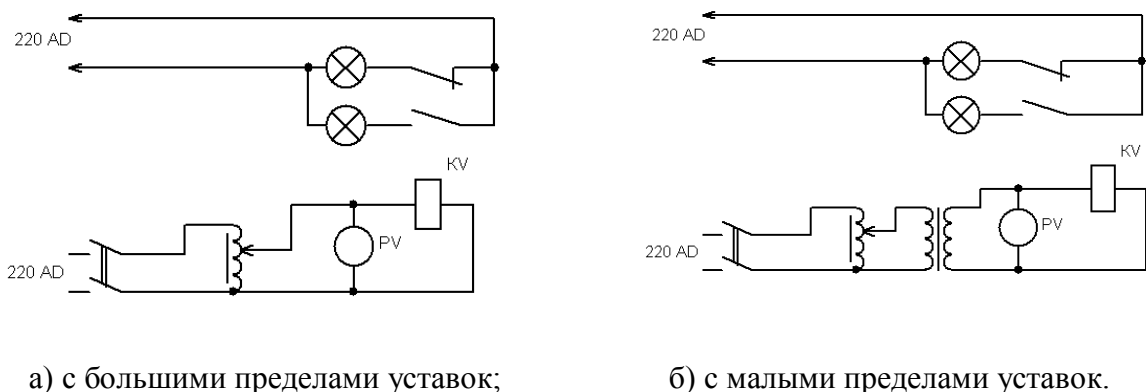


Рис. 2. Схема испытания реле напряжения РН-50

В лабораториях электрических сетей для испытания реле используют специальные устройства. Например, установку типа ЭУ5000.

2. Определение параметров реле и соответствия их техническим данным

Параметром срабатывания реле называется, пороговое (граничное) значение воздействующей величины при срабатывании, разделяющее зоны срабатывания и несрабатывания реле в пределах непрерывного диапазона изменения этого параметра.

Заданное пороговое значение воздействующей величины при срабатывании называется уставкой, а положение указателя на шкале реле, соответствующее заданному параметру называется уставкой по шкале.

Параметром возврата реле, называется граничное значение воздействующей величины, при котором происходит возврат реле.

Различают максимальные и минимальные реле. Для максимальных реле за параметр срабатывания принимается наименьшее значение воздействующей величины, при которой реле срабатывает (т.е. замкнется его магнитная система и замыкающий контакт).

Для минимальных реле параметром срабатывания является максимальное значение воздействующей величины, при котором происходит отпускание реле и замыкание его замыкающих контактов.

За параметр возврата максимальных реле принимают максимальное значение воздействующей величины, при котором реле возвращается в начальное состояние.

За параметр возврата минимальных реле принимают минимальное значение воздействующей величины, при которой якорь реле притягивается к полюсам электромагнита и происходит замыкание замыкающих контактов.

При испытаниях реле, когда происходит несколько измерений параметров, то из-за неточностей в действии реле и погрешностей измерений результаты измерений несколько отличаются. Поэтому

определяются средние значения параметров срабатывания и возврата по выражению

$$\alpha_{cp} = (\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_n) / n$$

Коэффициентом возврата реле K_{ϵ} , называют отношение параметра возврата к параметру срабатывания реле. Например, для токовых реле

$$K_{\epsilon} = \frac{I_{\epsilon}}{I_{cp}},$$

где I_{ϵ} - ток возврата реле;

I_{cp} - ток срабатывания реле.

Для максимальных реле $K_{\epsilon} < 1$, а для минимальных $K_{\epsilon} > 1$.

Погрешностью реле называют отклонение параметра срабатывания от уставки выраженное в единицах измерения параметра или в процентах.

Например, для токовых реле

$$\delta = I_{cp.cp} - I_{уст.}$$

$$\delta\% = \frac{I_{c.p. cp} - I_{уст.}}{I_{уст.}} \cdot 100,$$

где δ - погрешность в единицах измерения параметра (тока);

$I_{c.p. cp}$ - среднее значение тока срабатывания реле;

$I_{уст.}$ - ток уставки по шкале реле;

$\delta\%$ - погрешность реле в %.

Абсолютным значением разброса параметра срабатывания называется разность между максимальным и минимальным значениями параметра, полученные при многократных измерениях на одной и той же уставке и при неизменных условиях работы реле.

Например, для токовых реле

$$\Delta I = I_{c.p. max} - I_{c.p. min},$$

где ΔI - абсолютное значение разброса;

$I_{c.p.max}$ - наибольшее значение тока срабатывания реле, полученное при многократных измерениях на одной и той же уставке;

$I_{c.p.min}$ - наименьшее значение тока срабатывания реле, полученное при многократных измерениях на одной и той же уставке;

Относительным значением разброса параметра срабатывания (разбросом) называется выраженное в процентах отношение наибольшей разности измеренных величин к полусумме этих величин.

Например, для токовых реле

$$\Delta I\% = \frac{I_{c.p. \max} - I_{c.p. \min}}{(I_{c.p. \max} + I_{c.p. \min}) / 2} \cdot 100\%$$

Значения погрешностей и разброса приведены в технических данных реле.

3. Устройство электромагнитных реле тока РТ-40 и реле напряжения РН-50.

Реле тока типа РТ-40 используют П-образную магнитную систему с поперечным движением якоря.

На полюсах магнитопровода 7 расположены обмотки реле 9, которые можно соединить между собой последовательно или параллельно. Подвижная система реле состоит из Г-образного стального якоря 6, подвижного контакта 2 и механического гасителя вибрации якоря 1. Положение якоря фиксируется упорами 8 (на рисунке виден только левый упор). В качестве противодействующего устройства служит спиральная пружина 5, которая одним своим концом связана с осью подвижной системы, а вторым — с указателем уставки 4. Изменяя положение указателя уставки, можно плавно регулировать величину натяжения пружины и одновременно с этим менять величину противодействующей силы

При протекании тока по обмотке реле электромагнитная сила $F_{\text{Э}}$ будет стремиться притянуть якорь к полюсам электромагнита. Этому препятствует противодействующая сила $F_{\text{С}}$, обусловленная силой пружины $F_{\text{П}}$ и силой трения $F_{\text{Т}}$. При токе, равном или большем тока срабатывания, сила $F_{\text{Э}}$ превысит силу $F_{\text{С}}$, якорь реле 6 повернется и повернется также связанный с ним подвижный контакт 2, замкнув неподвижный контакт.

Подвижная система реле возвращается в начальное положение при снижении тока до величины тока возврата. Установленный заводом коэффициент возврата $k_{\text{В}} = 0,8$.

Плавная регулировка тока срабатывания осуществляется изменением натяжения пружины указателем уставки 4. При перемещении указателя уставки из начального положения, отмеченного на шкале 3, в конечное ток срабатывания увеличивается в два раза. Шкала отградуирована в амперах для схемы последовательного соединения обмотки реле. Переключением обмотки реле с последовательного соединения на параллельное достигается расширение шкалы тока срабатывания в два раза.

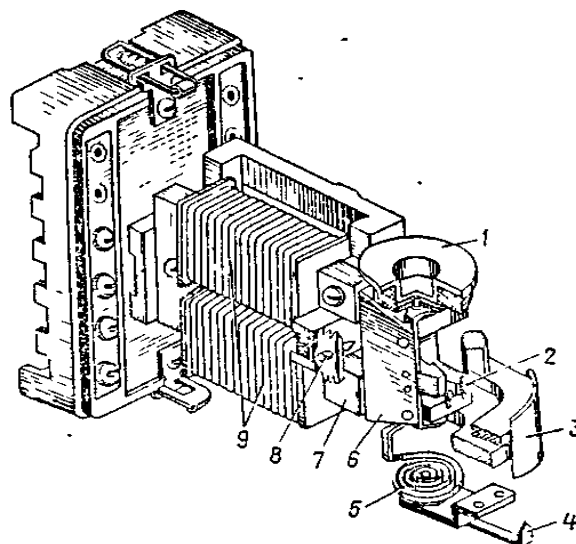


Рис. 3. Электромагнитное вторичное токовое реле косвенного действия типа РТ-40

Реле напряжения типа РН-50 по конструкции мало отличается от реле РТ-40. Обмотки реле напряжения включаются в схему через двухполупериодный выпрямительный мост, в цепь которого вводится один или два добавочных резистора. Выпрямленный ток имеет пульсирующий характер. Однако индуктивность обмотки реле резко уменьшает эту пульсацию. Тем самым сглаживается пульсация электромагнитной силы, и вибрация якоря практически отсутствует. Поэтому, в отличие от реле тока, реле напряжения не имеет механического гасителя вибрации якоря.

Шкала реле проградуирована при включении на вход измерительного моста только одного резистора. Чтобы получить шкалу уставок, вдвое большую, необходимо включить оба резистора

3.1. Технические данные максимального реле тока РТ-40.

Реле выпускается девяти исполнений с диапазонами уставок 0,05 до 200А.

Потребляемая мощность от 0,2 до 8 В·А.

Диапазон рабочих температур от -20 до +40⁰С.

Погрешность тока срабатывания реле по отношению к уставке не превышает ±5%.

Разброс тока срабатывания не более 4% на любой уставке.

Коэффициент возврата реле не ниже 0,85 на первой уставке и не ниже 0,8 на остальных, за исключением реле РТ-40/50 и РТ-40/100 у которых коэффициент возврата не ниже 0,7 на всех уставках.

3.2. Технические характеристики реле РН-53.

Реле РН-53 выпускается трех исполнений с диапазоном уставок от 15 до 400 В.

Мощность потребляемая реле при напряжении минимальной уставки I диапазона, не превышает 1 В·А.

Диапазон рабочих температур составляет -40 ÷ +40⁰С.

Погрешность напряжения срабатывания по отношению к уставке не более ±10%.

Разброс напряжения срабатывания не более 5%.

Коэффициент возврата реле не менее 0,8.

3.3. Технические характеристики минимального реле напряжения РН-54.

Реле РН-54 выпускается трех исполнений с диапазоном уставок от 12 до 320 В.

Мощность потребления реле при напряжении минимальной уставки I диапазона, не превышает 1 В·А.

Погрешность напряжения срабатывания по отношению к уставке не более $\pm 10\%$.

Разброс напряжения срабатывания не более 5%.

Коэффициент возврата реле не более 1,25.

Таблица 4

Основные факторы, влияющие на электрические параметры для РТ-40 и РН-50

Параметры	Основные влияющие факторы
Ток (напряжение) срабатывания в начале шкалы	Натяжение спиральной пружины
Ток (напряжение) срабатывания в конце шкалы	Положение якоря относительно полюсов. В небольших пределах регулируется левым упорным винтом
Коэффициент возврата	Величина воздушного зазора между полкой якоря и полюсами. В небольших пределах регулируется правым упорным винтом

4. Устройство индукционного реле тока типа РТ-80

Реле тока типа РТ-80 является комбинированным и состоит из двух элементов: индукционного с диском, создающего ограниченно зависимую характеристику выдержки времени, и электромагнитного мгновенного

действия, создающего «отсечку» при больших кратностях тока в обмотке реле, Оба элемента используют одну общую магнитную систему (рис. 4, а).

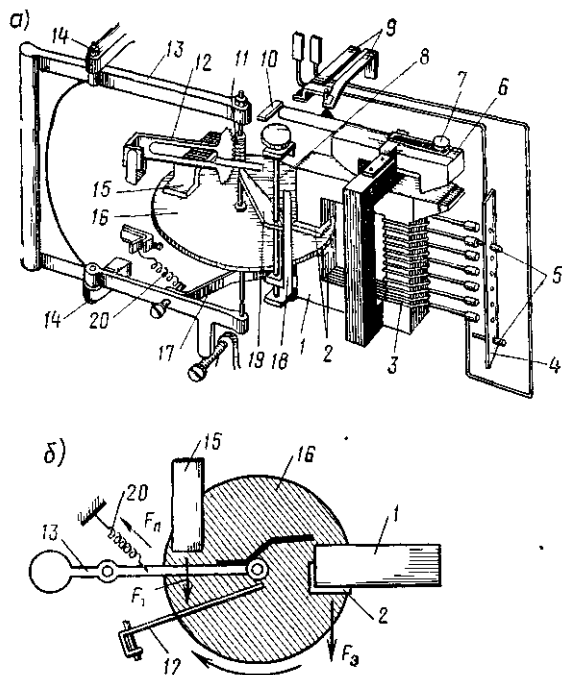


Рис. 4 Индукционное реле тока типа РТ-80

Индукционный элемент реле состоит из электромагнита 1 с короткозамкнутыми витками 2 на полюсах. Обмотка 3 электромагнита имеет ответвления для регулирования тока срабатывания. Ответвления подведены к гнездам штепсельного мостика 4 и переключаются винтами 5. Между полюсами электромагнита расположен алюминиевый диск 16, ось которого укреплена на подвижной рамке 13, Рамка 13 имеет свою неподвижную ось вращения 14. При токах в обмотке реле, меньших тока срабатывания индукционного элемента, рамка 13 оттянута пружиной 20 в крайнее положение, при этом червяк 11, насаженный на ось диска, не сцеплен с зубчатым сегментом 12, который имеет неподвижную ось вращения и может свободно перемещаться вверх и вниз. Нижнее положение сегмента фиксируется устройством, с помощью которого регулируется выдержка времени. Это устройство состоит из регулировочного винта 8 и движка 19. При перемещении вверх сегмент 12 своим рычагом поднимает коромысло 10.

Диск приходит во вращение при токе, равном 10÷20% от тока срабатывания индукционного элемента. При этом вращение диска не приводит к замыканию контактов. На вращающийся диск действуют сила $F_{\text{э}}$, вызывающая вращение диска, и противодействующая сила F_T , препятствующая его вращению (рис. 4, б). Противодействующая сила возникает в связи с пересечением вращающимся диском магнитного потока постоянного магнита 15. Эта сила пропорциональна скорости вращения диска. Поэтому при увеличении тока в обмотке реле наряду с ростом силы $F_{\text{э}}$ возрастает сила F_T . Установившаяся скорость вращения диска определяется равновесием этих сил (при увеличении тока она будет возрастать до тех пор, пока эти силы не выравняются). Результирующая этих сил F' стремится повернуть диск вместе с рамкой 13 вокруг оси рамки. Этому препятствует сила пружины $F_{\text{п}}$. Током срабатывания индукционного элемента называется такой минимальный ток, при котором сила F' преодолеет силу пружины $F_{\text{п}}$ и рамка 13 вместе с диском повернется, произведя сцепление червяка 11 с зубчатым сегментом 12. При этом благодаря вращению диска червяк 11 поднимет зубчатый сегмент 12. Его рычаг в конце пути соприкоснется с коромыслом 10 якоря б, подняв его вверх, благодаря чему якорь б повернется на своей оси так, что воздушный зазор между электромагнитом 1 и правым концом якоря б уменьшится. Якорь быстро притянется к электромагниту, замкнув контакты 9 с помощью коромысла 10.

В процессе работы индукционного элемента при наличии сцепления между червяком и сегментом на вращающийся диск кроме сил $F_{\text{э}}$ и F_T действует еще сила, обусловленная трением в червячной передаче и собственным весом сегмента. Эта сила возникает сразу же, как только произойдет зацепление червяка с сегментом. При этом скорость вращения диска и результирующая сила F' уменьшаются, что может привести к расцеплению червячной передачи. Для предотвращения этого служит

стальная скоба 17, которая за счет потоков рассеяния обеспечивает дополнительное усилие, удерживающее подвижную рамку в притянутом положении. Время от момента сцепления червяка с зубчатым сегментом до момента замыкания контактов является временем срабатывания реле, его *выдержкой времени*. Это время при заданной уставке зависит только от скорости подъема сегмента вверх. Скорость подъема сегмента определяется скоростью вращения диска, т. е. зависит от величины тока. Чем больше ток, тем больше скорость вращения диска и скорость подъема сегмента и тем меньше выдержка времени реле.

Магнитная система реле РТ-80 выполнена так, что примерно при семикратном токе срабатывания она насыщается. Дальнейшее увеличение тока не приводит к росту магнитного потока, поэтому остаются постоянными вращающий момент, скорость вращения диска и выдержка времени. Таким образом, реле РТ-80 имеет ограниченно зависимую характеристику выдержки времени.

Выдержка времени реле зависит от длины пути перемещения сегмента 12. Длина пути определяется начальным положением сегмента, которое может изменяться перемещением движка 19 по винту 8. Благодаря этому может быть получена серия характеристик 1, 2, 3, 4, 5 выдержек времени. Необходимо иметь в виду, что на шкале 18 (см. рис. 4, а) указаны пределы регулирования выдержки времени в независимой части характеристики.

Электромагнитный элемент реле использует электромагнит 1 индукционной системы. Подвижной системой элемента является якорь 6 с коромыслом 10. Ток срабатывания электромагнитного элемента изменяется с изменением числа витков обмотки. Кроме того, его можно регулировать винтом 7, изменяя воздушный зазор между электромагнитом 1 и правым концом якоря 6. Ток срабатывания регулируется в пределах 2—8 от $I_{с.р}$ индукционного элемента. При этих токах электромагнитный

элемент срабатывает мгновенно, и реле действует без выдержки времени. Для уменьшения вибрации якоря при срабатывании на часть его правого конца насажен короткозамкнутый виток.

Использование в одном реле индукционного и электромагнитного принципов, а также применение в индукционном элементе сцепления червяка с сегментом и постоянного магнита для создания противодействующей силы позволяют выполнить реле с надежной контактной системой, с коэффициентом возврата индукционного элемента не менее 0,8 и с малой инерционной ошибкой.

К достоинствам реле следует отнести то, что с помощью одного реле РТ-80 можно выполнить быстродействующую отсечку от коротких замыканий и защиту с выдержкой времени, действующую при перегрузке. Недостатком реле является его сложность, а также значительная потребляемая мощность при срабатывании (около 10 ВА).

Реле РТ-80 выполняют на разные пределы уставок тока срабатывания, времени срабатывания и с различной контактной системой. Например, реле РТ-85, предназначенное для защиты на оперативном переменном токе, имеет усиленный переходный контакт, который способен коммутировать ток до 150 А.

4.1. Технические данные индукционно максимального реле типа РТ-80.

Реле РТ-80 выпускаются 12 различных исполнений с уставками по току $2\div 5$ А ($I_{\text{ном}} = 5$ А) и $4\div 10$ А ($I_{\text{ном}} = 10$ А). Уставки времени срабатывания $0,5\div 4$ с и $4\div 16$ с. Реле РТ-80 различных исполнений могут иметь главный контакт усиленного исполнения (РТ-85) или нормального исполнения. Потребляемая мощность при токе уставки не более 10 В·А. Ток начала свободного вращения диска составляет не более 30% тока срабатывания индукционного элемента.

Погрешность тока срабатывания индукционного элемента относительно уставки не превышает $\pm 5\%$.

Разброс тока срабатывания индукционного элемента не превышает 4%.

Коэффициент возврата реле не менее 0,8.

Кратность отсечки регулируется в пределах от 2 до 8. Погрешность тока срабатывания отсечки при уставках индукционного элемента 4 А (для реле с $I_{ном} = 10A$) и 3 А (для реле с $I_{ном} = 5A$) не превышает +30%.

На максимальных уставках погрешность отсечки составляет табл. 5.

Таблица 5

Уставка отсечки 1	2	4	6	8
Погрешность, %	+15	+40	+60	+100

Зависимость времени срабатывания от кратности тока в обмотке реле приведены на рис. 5 и 6.

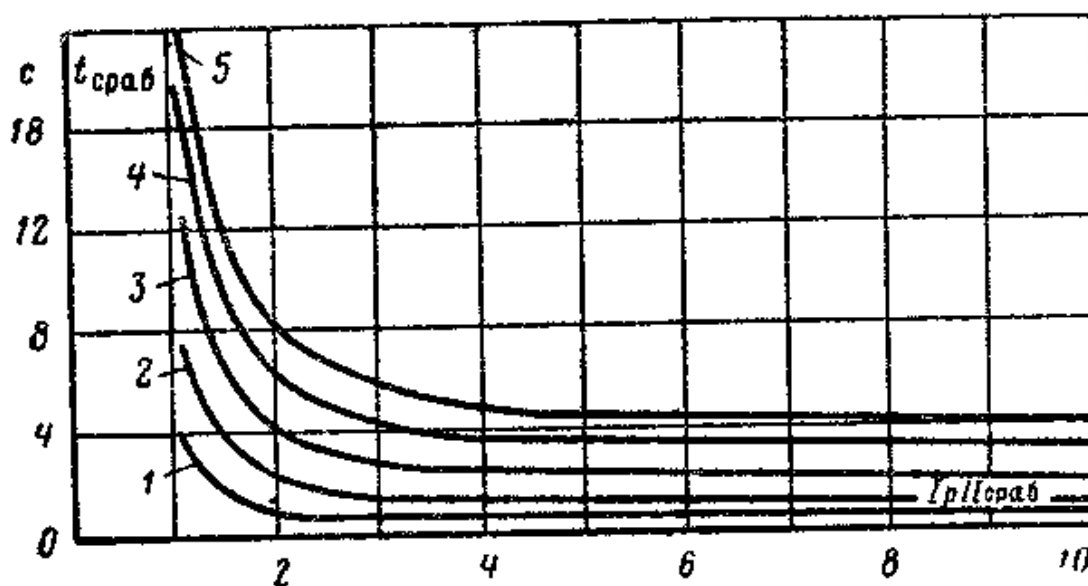


Рис. 5 Временные характеристики реле РТ-81, РТ-83, РТ-85

1 - уставка 0,5с; 2 - уставка 1с; 3 - уставка 2с; 4 - уставка 3с; 5 - уставка 4с.

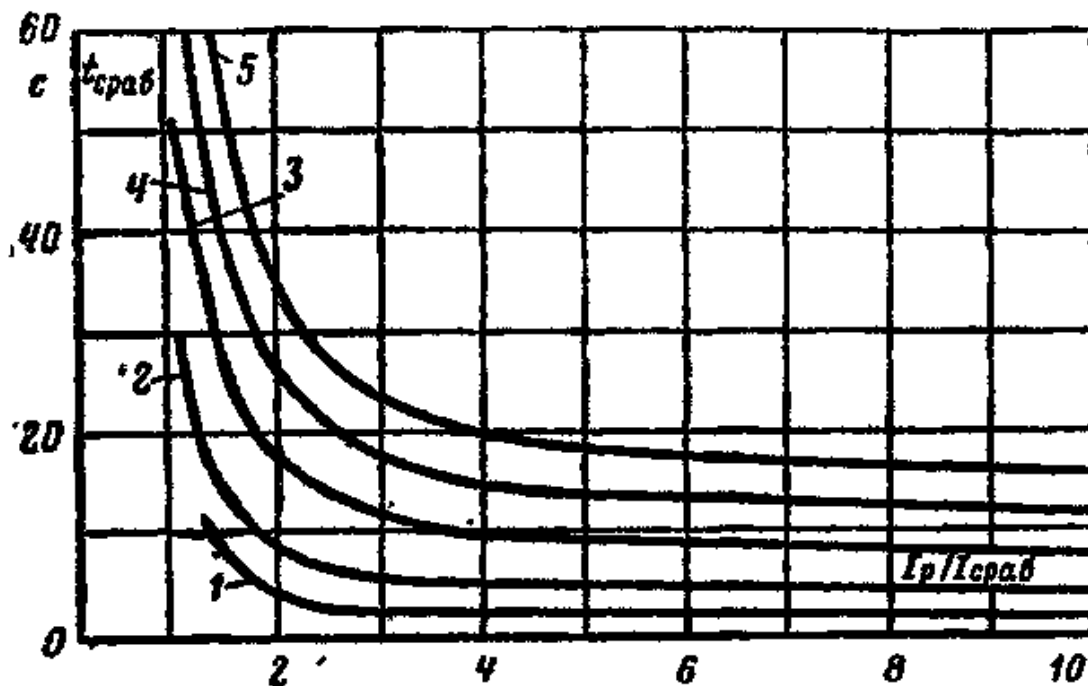


Рис. 6. Временные характеристики реле РТ-82, РТ-84, РТ-86

1 - уставка 2с; 2 - уставка 4с; 3 - уставка 8с; 4 - уставка 12с; 5 - уставка 16с

Отклонение времени срабатывания индукционного элемента от уставки при 10-кратном токе уставки не должно превышать приведенных значений табл. 6.

Таблица 6

Реле	Время срабатывания при уставке, с.							
	0,5	1	2	3	4	8	12	16
РТ-81								
РТ-83	±0,1	±1,15	±0,2	±0,2	±0,25			
РТ-85								
РТ-82								
РТ-84	-	-	±0,5	-	±0,5	±0,6	±0,75	±0,10
РТ-86								

Время срабатывания при 4-кратном токе уставки не превышает значений приведенных в таблице 7.

Таблица 7

Реле	Время срабатывания при уставке, с							
	0,5	1	2	3	4	8	12	16
РТ-81 РТ-83 РТ-85	0,9	1,69	3,1	4,6	6,0			
РТ-82 РТ-84 РТ-86	-	-	3,6	-	6,6	12,6	18,5	24

Разброс времени срабатывания при 1,5-кратном токе уставки не превышает 1 с для четырех секундных реле и 2 с для шестнадцатисекундных реле.

Независимая часть характеристики начинается при 8-10 кратном токе уставки.

Таблица 8

Основные факторы, влияющие на электрические параметры индукционного элемента, приведены в таблице.

Параметры	Основные влияющие факторы
Ток начала вращения	Трение в подпятниках
Время срабатывания	Положение постоянного магнита
Ток срабатывания	Натяжение возвратной пружины, положение постоянного магнита
Ток возврата	Положение стальной пластинки на рамке, натяжение возвратной пружины

Литература

1. Будзко И.А., Лещинская Т.Б., Сукманов В.И. Электроснабжение сельского хозяйства. // Учеб. для вузов. - М.: «Колос» 2000. – 536 с.
2. Будзко И.А., Зуль Н.М. Электроснабжение сельского хозяйства. // Учеб. для вузов. - М.: «Агропромиздат», 1990. – 495 с.
3. Практикум по электроснабжению сельского хозяйства (под редакцией Будзко И.А.) // Уч. пособие. - М.: «Колос», 1977. – 319 с.
4. Реле защиты Алексеев В.Е., Варганов Г.П., Панфилов В.И., Розенбмом Р.З. М.: Энергия 1976.
5. Андреев В.Л., Бондаренко Е.В. Релейная защита, автоматика и телемеханика в системах электроснабжения. М.: Высшая школа, 1975.
6. Правила технического обслуживания устройств релейной защиты, электроавтоматики электрических сетей 0,4-35 кВ. РД. 153-34.3-35.613.-00.
7. Жданов Л.С., Овчинников В.В. Электромагнитные реле тока и напряжения РТ и РН. // Б-ка электромонтера. Вып. 626. - М.: Энергоиздат, 1981. – 72 с.
8. Труб Л.Л. Индукционное реле тока. //Б-ка электромонтера. Вып. 624. - М.: Энергоатомиздат, 1990. – 56 с.
9. Шабад Н.А. Максимальная токовая защита. //Б-ка электромонтера. Вып. 640. - Л.: Энергоатомиздат. Ленинградское отделение, 1991. – 96 с.

Редактор Н.Е. Волкова-Алексеева

Подписано в печать

Формат $60 \times 84 \frac{1}{16}$

Усл. печ. л.

Тираж

Заказ №

Издательство и типография ВГСХА.
400002, Волгоград, ул. Институтская, 8.