

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ  
КУРГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Энергетика и технология металлов»

**РАСЧЕТ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ  
ТРАНСФОРМАТОРА И ИСПЫТАНИЕ  
ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ РЕЛЕ**

Методические указания  
к выполнению лабораторной работы №7  
по курсу «Релейная защита систем электроснабжения»  
для студентов специальности 140211

Курган 2007

Кафедра: «Энергетика и технология металлов»

Дисциплина: «Релейная защита систем электроснабжения»  
(специальность 140211)

Составил: доцент Шестаков Д.Н.

Утверждены на заседании кафедры «31» августа 2006 г.

Рекомендованы методическим советом университета  
«    » \_\_\_\_\_ 2007 г.

## Лабораторная работа № 7

### ИСПЫТАНИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ РЕЛЕ

Цель работы: расширить и закрепить сведения о дифференциальных токовых защитах трансформаторов, ознакомиться с назначением, принципом действия, конструкцией реле с быстронасыщающимся трансформатором типа РНТ-565 и реле с магнитным торможением типа ДЗТ-11, работа содержит выбор схемы и параметров дифференциальной защиты трансформатора.

#### Общие сведения

#### ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ РЕЛЕ С БЫСТРОНАСЫЩАЮЩИМСЯ ТРАНСФОРМАТОРОМ

Дифференциальные реле с быстронасыщающимся трансформатором типов РНТ-565, РНТ-566, РНТ-567 предназначаются для использования в схемах дифференциальных токовых защит двух- и трехобмоточных трансформаторов, автотрансформаторов, генераторов и сборных шин.

Реле серии РНТ-560 (рис. 1) состоит из промежуточного быстронасыщающегося трансформатора Т (БНТ), исполнительного органа КА (реле РТ-40/0,2), резистора  $R_{ш}$  для регулировки тока срабатывания и резистора  $R_k$  для плавной регулировки отстройки от апериодической составляющей. Реле серии РНТ-560 отличаются друг от друга только количеством рабочих обмоток. Магнитная система быстронасыщающегося трансформатора БНТ выполнена трехстержневой. На среднем стержне расположены первичные обмотки — дифференциальная  $w_d$  и две уравнивательные:  $w_{ур I}$  и  $w_{ур II}$ . Здесь же расположена первая секция короткозамкнутой обмотки  $w'_k$ ; на крайних стержнях размещены вторичная рабочая обмотка  $w_2$  — на левом и вторая секция короткозамкнутой обмотки  $w''_k$  — на правом стержне. Дифференциальная и уравнивательные обмотки имеют ответвления и секционированы. Изменение числа витков (через один) можно производить при помощи регулировочных винтов, устанавливаемых в разъемные гнезда.

Числа, стоящие у гнезд, соответствуют числу включаемых витков. Быстронасыщающийся трансформатор служит для предотвращения срабатывания защиты от бросков намагничивающего тока, проходящего по дифференциальной цепи при включении силового трансформатора под напряжение (холостой ход трансформатора), а также от увеличенных токов небаланса при переходных режимах, обусловленных внешними КЗ со значительной апериио-

дической составляющей тока. В указанных случаях наличие аperiodической составляющей приводит к тому, что магнитопровод насыщается, уменьшается сопротивление цепи намагничивания, а следовательно, ухудшается трансформация периодической составляющей тока, так как она замыкается в основном по ветви намагничивания.

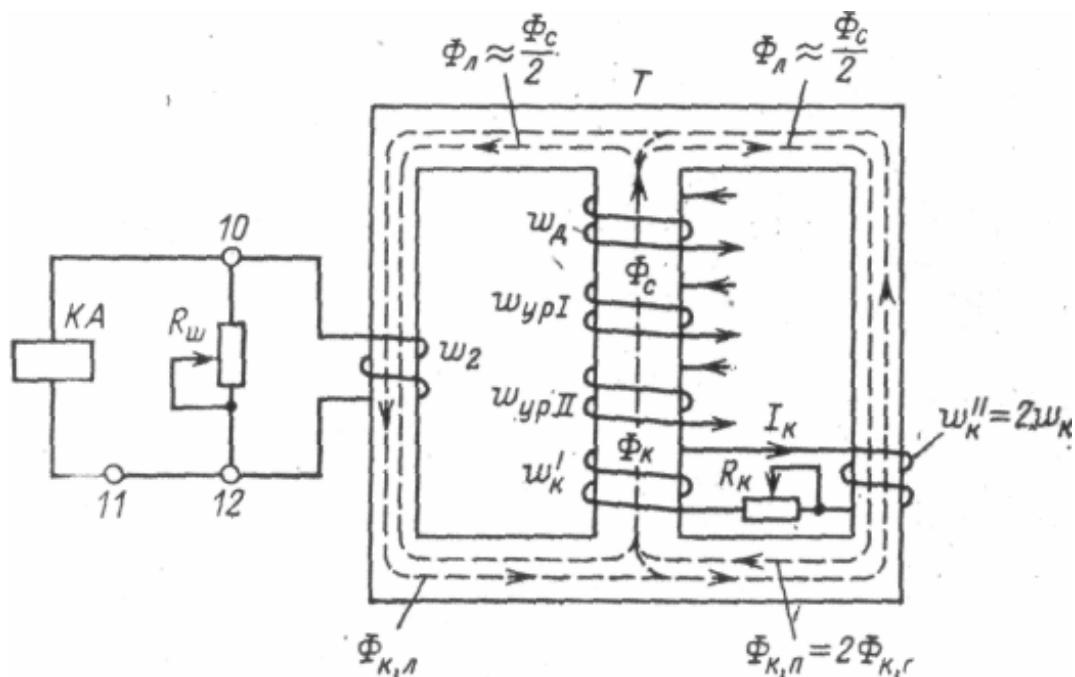


Рис. 1. Устройство реле типа РНТ-565

Короткозамкнутая обмотка ( $w'_k, w''_k$ ) предусмотрена на магнитопроводе БНТ для лучшей отстройки исполнительного органа защиты от переходных режимов, сопровождаемых появлением в дифференциальной цепи аperiodической составляющей тока. Степень отстройки, т. е. загроубление действия выходного реле, можно изменять регулированием сопротивления резистора  $R_k$ , включенного последовательно в цепь короткозамкнутой обмотки. С уменьшением  $R_k$  увеличивается степень насыщения стали промежуточного трансформатора и увеличивается надежность отстройки от переходных токов с аperiodической составляющей, но время действия реле при КЗ в зоне защиты увеличивается на время затухания аperiodической составляющей, содержащейся в токе КЗ.

Уравнительные обмотки реле используются для выравнивания магнитных потоков, обусловленных токами, проходящими в плечах дифференциальной защиты. В защите двухобмоточных трансформаторов достаточно использовать одну уравнительную обмотку. В защите трехобмоточных трансформаторов, как правило, необходимо использовать обе обмотки.

Регулирование тока срабатывания рассматриваемых реле производится изменением числа витков дифференциальной обмотки. Так как параметры исполнительного элемента не изменяются, значение минимального магнитного потока, при котором реле надежно замыкает контакты, постоянно. Магнитодвижущая сила срабатывания, по данным завода, для реле типов РНТ-565, РНТ-566, РНТ-567 составляет  $F_{c.p.} = 100 \pm 5$  А и может быть незначительно изменена с помощью регулируемого резистора  $R_{ш}$ , включенного параллельно обмотке исполнительного реле. Ток срабатывания этого реле при синусоидальном токе и нормальной регулировке противодействующей пружины (движок реле установлен на красной черте) равен 0,17 А, а напряжение при этом на обмотке 3,6 В.

Вследствие того что  $F_{c.p.} = I_{c.p.} \cdot w_d$ , значение тока срабатывания зависит от числа используемых витков дифференциальной обмотки, т. е.

$$I_{c.p.} = 100 / w_d . \quad (1)$$

Значение тока срабатывания при включении только дифференциальной обмотки может изменяться от 2,86 А (замкнуты гнезда 32, 3) до 12,5 А (замкнуты гнезда 8, 0).

При включении в дифференциальную цепь последовательно двух обмоток – уравнивающей и дифференциальной – ток срабатывания уменьшается ( $I_{c.p. \min} = 1,45$  А). Так, например, при включении реле по схеме на рис. 2 зажимами 4 – 6 (включена только одна дифференциальная обмотка) и замкнутыми гнездами у цифр 24 и 1 ток срабатывания реле будет  $I_{c.p.} = 100 / (24 + 1) = 4$  А.

Если реле подключить в цепь зажимами 1 – 6 и установить накладку 2 – 4 (включены последовательно две обмотки), то значение тока срабатывания реле при указанных на схеме замкнутых гнездах окажется

$$I_{c.p.} = 100 / (4 + 21 + 24 + 1) = 2 \text{ А.}$$

Проверка МДС срабатывания реле производится по схеме, приведенной на рис. 2, подачей тока в дифференциальную и уравнивающую обмотки. При использовании в схеме автотрансформатора или нагрузочного трансформатора для получения синусоидальной формы кривой тока последовательно с обмоткой реле необходимо включить резистор  $R$ , минимальные значения сопротивлений которого приведены ниже:

Число витков первичной обмотки	5	10	20	40	60	120
$R$ , Ом	1,5	3	5	10	15	30

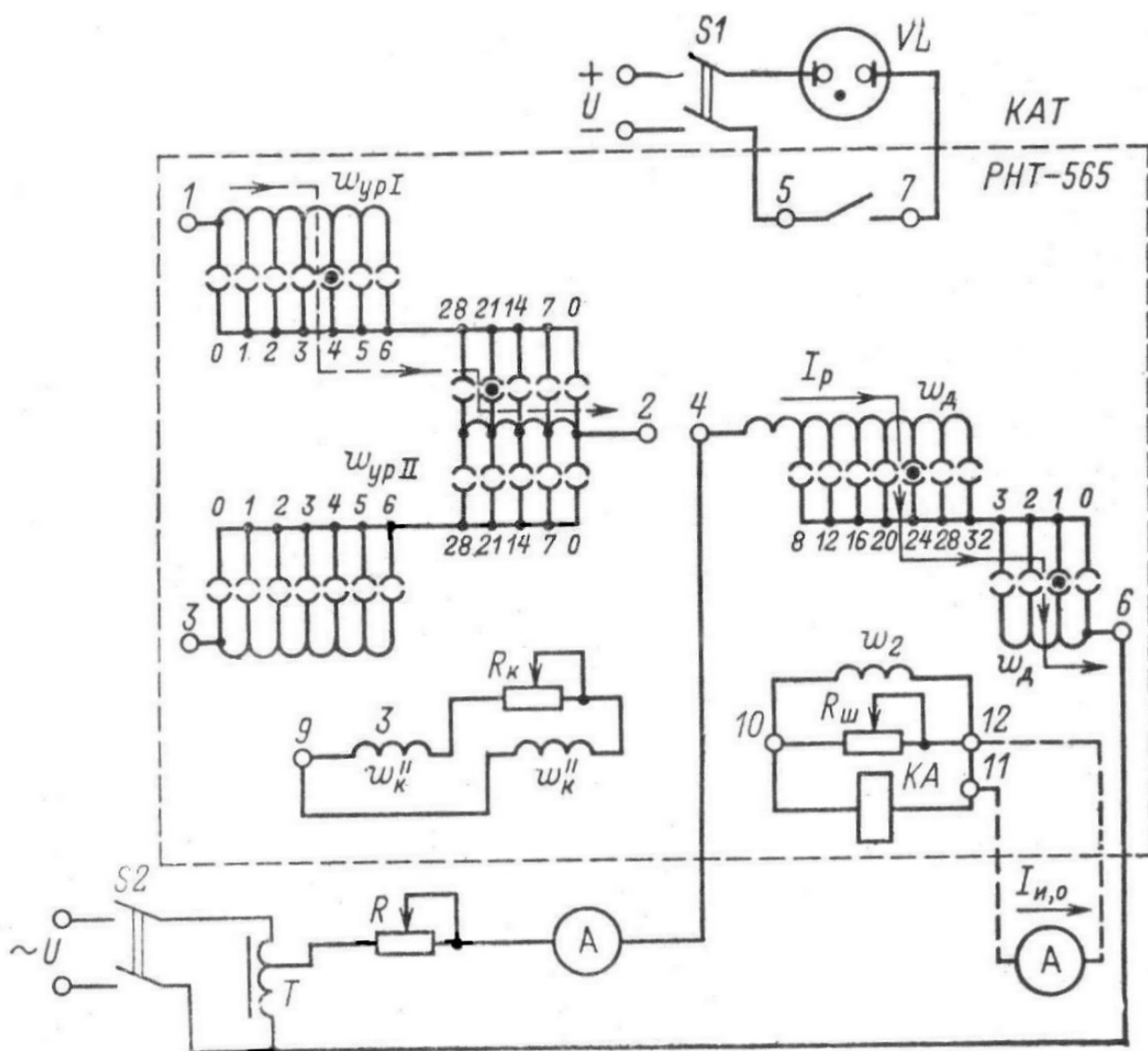


Рис. 2. Схема испытания и схема внутренних соединений реле типа РНТ-565

Проверка коэффициента чувствительности реле наиболее правильно и точно производится путем измерения тока во вторичной обмотке БНТ при изменении тока в первичной обмотке с использованием исполнительного реле как измерителя тока. Этот метод трудоемкий и требует изменения затяжки пружины исполнительного реле. Удобным и практически достаточно точным является метод определения коэффициента чувствительности по току в исполнительном реле. Для проведения работы подвижная система реле закрепляется (заклинивается) в отпавшем положении, соответствующем разомкнутому состоянию контактов. Учитывая, что насыщение магнитопровода БНТ наступает при токах в первичных обмотках, равных примерно  $(4,5 \div 5) I_{c.p.}$ , производится измерение вторичного тока, т. е. тока в исполнительном

органе  $I_{и.о.}$  при МДС:  $F = F_{с.р.}; 2 \cdot F_{с.р.}; 5 \cdot F_{с.р.}$ ; при этом рекомендуется устанавливать максимальным числом витков рабочих обмоток. Коэффициент чувствительности определяется как отношение токов в исполнительном органе при  $2 F_{с.р.}; 5 F_{с.р.}$  к току при  $F_{с.р.}$ , т. е.

$$k_{ч2} = \frac{I_{и.о.}(2F_{с.р.})}{I_{и.о.}(F_{с.р.})} . \quad (2)$$

$$k_{ч5} = \frac{I_{и.о.}(5F_{с.р.})}{I_{и.о.}(F_{с.р.})} \quad (3)$$

У исправных реле полученные значения коэффициентов чувствительности должны быть:  $k_{ч2} = 1,2 \div 1,3$ ;  $k_{ч5} = 1,35 \div 1,5$ . Ток в исполнительном органе рекомендуется измерять электромагнитным амперметром типа Э513/4 на пределе 0,5 А.

## ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ РЕЛЕ С МАГНИТНЫМ ТОРМОЖЕНИЕМ

Дифференциальные токовые реле с торможением применяются для повышения чувствительности дифференциальных защит трансформаторов, автотрансформаторов и блоков генератор – трансформатор, т. е. в тех случаях, когда чувствительность дифференциальной токовой защиты обычного исполнения (без торможения) оказывается недостаточной. Реле с магнитным торможением типа ДЗТ-11 содержит промежуточный быстронасыщающийся трехстержневой трансформатор (рис. 3) и исполнительный орган в виде электромагнитного реле тока типа РТ-40/0,2. На магнитопроводе промежуточного трансформатора расположены обмотки:

- рабочая РО – на среднем стержне, включаемая в дифференциальную цепь защиты;

- уравнивательные УО – для выравнивания магнитных потоков, создаваемых токами в плечах дифференциальной защиты (на рис. 3 показана одна уравнивательная обмотка);

- тормозная ТО – из двух одинаковых секций на крайних стержнях, включаемых в одно плечо дифференциальной защиты;

- вторичная ВО – из двух одинаковых секций, питающая исполнительный орган, расположена также на крайних стержнях.

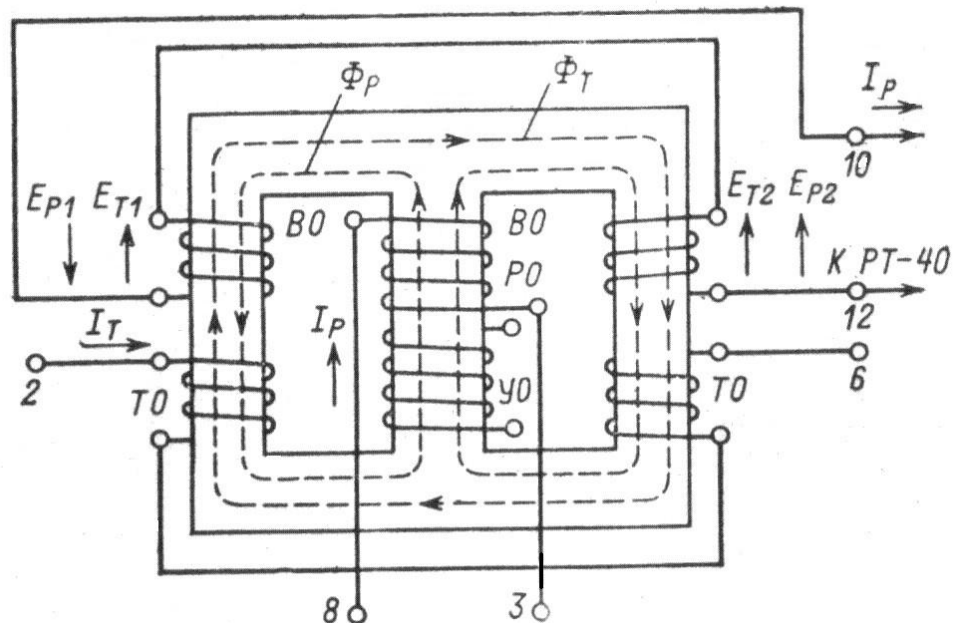


Рис. 3. Устройство реле типа ДЗТ

Секции тормозной и вторичной обмоток намотаны и соединены между собой так, что ЭДС, индуктированные магнитными потоками тормозной обмотки, в цепи исполнительного органа компенсируются (действуют встречно), а ЭДС, индуктированные потоками рабочей обмотки, действуют согласно, т. е.

$$I_{P_{TO}} = (E_{T1} - E_{T2}) / Z_2 = 0; \quad (4)$$

$$I_{P_{PO}} = (E_{P1} + E_{P2}) / Z_2. \quad (5)$$

Таким образом, во вторичную цепь (в обмотку исполнительного реле) трансформируется только ток, проходящий по рабочей обмотке. Ток, проходящий по тормозной обмотке, обуславливает только подмагничивание крайних стержней магнитопровода и изменяет магнитную проницаемость. Степень намагничивания, а следовательно, и условия трансформации тока, проходящего по рабочей обмотке, определяются МДС, создаваемой током, проходящим по тормозной обмотке.

При нормальном режиме ток, проходящий в плече дифференциальной защиты, мал и, следовательно, мала МДС, создаваемая этим током при помощи тормозной обмотки  $F_{T(н.р)} = I_T \cdot w_T$ , — трансформатор работает в прямолинейной части характеристик намагничивания. Поскольку ток небаланса в этом режиме также мал, ЭДС, индуктированные во вторичной цепи, не будут вызывать срабатывания исполнительного реле. При внешнем КЗ ток в плече дифференциальной защиты возрастает, увеличивается МДС, определяемая тормозной обмоткой,  $F_{T(к)} = I_K \cdot w_T$ , что приводит к насыщению крайних стержней магнитопровода. Магнитное сопротивление резко увеличивается, и условия трансформации тока небаланса значительно ухудшаются. Хотя ток



небаланса в этом режиме возрастает, исполнительное реле не будет срабатывать – для его действия необходимо прохождение большего тока по рабочей обмотке трансформатора. Таким образом, с увеличением тока в тормозной обмотке трансформатора ток, необходимый для срабатывания исполнительного реле, автоматически возрастает – реле загрубляется (тормозится). При отсутствии торможения и нормальной регулировке исполнительного реле МДС, необходимая для его срабатывания, определяется выражением  $F_{с.р.} = 100 \pm 5 \text{ А}$ .

Для достижения соответствия значения тока срабатывания исполнительного реле указанному значению МДС без изменения затяжки пружины предусмотрен добавочный резистор  $R_{д}$ , включаемый параллельно обмотке исполнительного реле. Отметка местоположения на нем регулировочного движка наносится заводом при фиксированной установке реле в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

При прохождении тока по тормозной обмотке трансформатора МДС, требуемая для срабатывания исполнительного реле, возрастает. Зависимость МДС срабатывания  $F_{с.р.}$  от МДС, создаваемой током в тормозной обмотке при нормальной (заводской) затяжке пружины исполнительного реле,  $F_{торм}$  показана на рис. 4 в виде тормозных характеристик  $F_{с.р.} = f(F_{торм})$ . Верхняя кривая соответствует условию совпадения по фазе токов в рабочей и тормозной обмотках ( $\varphi=0$ ). При  $\varphi=90^\circ$  эффект торможения сказывается меньше – тормозная характеристика располагается ниже.

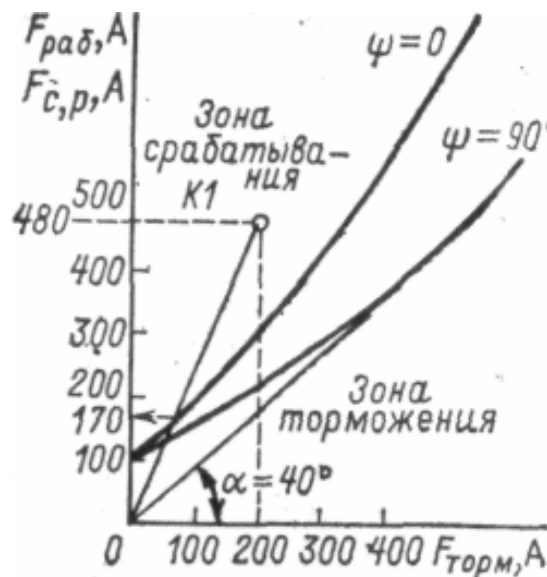


Рис. 4. Тормозные характеристики реле типа ДЗТ-11

Для регулирования тока срабатывания реле и компенсации неравенства МДС, создаваемых токами в плечах защиты, рабочая и уравнивательные обмотки выполнены с отпайками. Необходимое число витков устанавливают регулировочными винтами. Цифры около гнезда указывают число включенных витков. Аналогично включают требуемое число витков тормозной об-

мотки. Для реле типа ДЗТ-11 количество витков тормозной обмотки может быть 1; 3; 5; 7; 9; 11; 13; 18; 24.

## КРАТКИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО РАСЧЕТУ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ТОКОВОЙ ЗАЩИТЫ ТРАНСФОРМАТОРА

1. При выполнении расчета нужно учитывать, что обмотки защищаемого трансформатора соединены в схему  $Y / \Delta - 11$ . Это определяет схемы соединения трансформаторов тока, используемых в дифференциальной защите. Необходимо уяснить причины появления отдельных составляющих тока небаланса при внешних коротких замыканиях и определение этих составляющих.

2. При составлении схемы защиты необходимо добиться того, чтобы в нормальном режиме и при внешних КЗ через обмотку реле проходил только ток небаланса.

3. При расчете параметров защиты необходимо использовать данные табл. 1. Расчет параметров защиты с реле РНТ-565 производится в следующем порядке.

3.1. Выбирается ток срабатывания защиты. При этом необходимо обеспечить недействие защиты в двух режимах работы защищаемого трансформатора:

- при включении трансформатора только со стороны источника питания, когда в момент включения в питающей обмотке трансформатора появляются значительные броски тока намагничивания.

Этот ток замыкается через обмотку реле. Поэтому для исключения действия защиты необходимо принять

$$I_{с.з.} = k_{отс} \cdot I_{т.ном} \quad (6)$$

- при трехфазных КЗ вне зоны действия защиты (повреждение на шинах низшего напряжения), когда через трансформатор проходит максимальный сквозной ток внешнего короткого замыкания  $I_{к.вн.макс}^{(3)}$ . При этом в защите проходит максимальный ток небаланса

$$I_{нб.расч.макс} = \frac{k_{ан} \cdot k_{одн} \cdot \varepsilon + \Delta U_{рег} + \Delta f}{100} \cdot I_{к.вн.макс}^{(3)} \quad (7)$$

Таблица 1

Наименование параметра	Значение параметра, варианты					
	1	2	3	4	5	6
Номинальная мощность трансформатора $S_{т.ном}$ , МВ·А	10	25	16	25	40	16
Диапазон регулирования напряжения под нагрузкой $\Delta U_{рег}$ , %	12	16	12	16	12	16
Номинальное напряжение $U_{ном.ср}$ со стороны ВН и НН, кВ	ВН	115	115	115	115	115
	НН	6,6	38,5	11	11	38,5
Максимальный сквозной ток через трансформатор при трехфазном КЗ, отнесенный к стороне ВН $I_{к.вн.макс}^{(3)}$ , А	166	416	266	416	665	266
Ток двухфазного КЗ при повреждении в зоне действия защиты, отнесенный к стороне ВН в минимальном режиме $I_{к.мин}^{(2)}$ , А	143	360	230	360	575	230

Поэтому для исключения действия защиты необходимо принять

$$I_{с.з.} = k_{отс} \cdot I_{нб.расч.макс}. \quad (8)$$

Для реле РНТ-565  $k_{ап} = 1$ , а погрешность  $\Delta f$  в первом приближении не учитывается. Поскольку в защите используют разнотипные трансформаторы тока, то принимают  $K_{одн} = 1$ . Полная погрешность трансформаторов тока  $\varepsilon = 10\%$ . С учетом этого выражение (8) для тока срабатывания защиты принимает вид

$$I_{с.з.} = k_{отс} \left( 0,1 + \frac{\Delta U_{рег}}{100} \right) I_{к.вн.макс}^{(3)}. \quad (9)$$

Здесь  $\Delta U_{рег}$  – диапазон изменения напряжения трансформатора в одну сторону от номинального при регулировании.

Таким образом, ток срабатывания определяется из выражений (6) и (9) при  $k_{отс} = 1,3$ . В качестве расчетного принимается большее из полученных двух выражений. Далее производится предварительная проверка чувствительности защиты при двухфазном коротком замыкании на выводах за трансформатором (КЗ в зоне действия защиты) в минимальном режиме.

В этом случае весь ток повреждения проходит через защиту, а коэффициент чувствительности определяется по:

$$k_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{к.мин}}^{(2)}}{I_{\text{с.з.}}} \quad (10)$$

Если  $k_{\text{ч}} \geq 2$ , то расчет следует продолжить, если меньше 2, то необходимо применить дифференциальную защиту с торможением.

3.2. Дальнейший расчет параметров защиты рекомендуется оформить в виде табл.2.

Таблица 2

Наименование параметра		Расчетные выражения для сторон	
		Высшего напряжения (ВН)	Низшего напряжения (НН)
1	Первичный номинальный ток трансформатора $I_{\text{T.ном}}$ , А	$I_{1\text{ВН}} = \frac{S_{\text{T.ном}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ВН}}}$	$I_{1\text{НН}} = \frac{S_{\text{T.ном}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НН}}}$
2	Схема соединения обмоток силового трансформатора	Y	Δ
3	Схема соединения трансформаторов тока	Δ	Y
4	Коэффициент схемы $k_{\text{сх}}$	$\sqrt{3}$	1
5	Расчетный коэффициент трансформации трансформаторов тока $K_{\text{T.расч}}$	$K_{\text{T.ВН.р}} = \frac{k_{\text{сх}} \cdot I_{1\text{ВН}}}{5}$	$K_{\text{T.НН.р}} = \frac{k_{\text{сх}} \cdot I_{1\text{НН}}}{5}$
6	Коэффициент трансформаторов тока $K_{\text{T}}$ , из стандартного ряда (смотри примечание в конце табл.)	$K_{\text{T.ВН}} = \frac{I_{\text{ТТ.ном}}}{5}$	$K_{\text{T.НН}} = \frac{I_{\text{ТТ.ном}}}{5}$
7	Вторичные токи в плечах защиты, при номинальной мощности трансформатора $I_{2\text{ном}}$ , А	$I_{2\text{ВН}} = \frac{k_{\text{сх}} \cdot I_{1\text{ВН}}}{K_{\text{T.ВН}}}$	$I_{2\text{НН}} = \frac{k_{\text{сх}} \cdot I_{1\text{НН}}}{K_{\text{T.НН}}}$
8	Токи срабатывания реле РНТ-565, $I_{\text{с.р.}}$ , А	$I_{\text{с.р.ВН}} = \frac{k_{\text{сх}} \cdot I_{\text{с.з.ВН}}}{K_{\text{T.ВН}}}$	$I_{\text{с.р.НН}} = \frac{k_{\text{сх}} \cdot I_{\text{с.з.НН}}}{K_{\text{T.НН}}}$
9	Выбирается основная сторона защиты.	Обычно за основную сторону принимается сторона с большим током срабатывания реле $I_{\text{с.р.осн}}$ ( $I_{\text{с.р.ВН}}$ или $I_{\text{с.р.НН}}$ )	

10	Расчетное число витков обмотки НТТ реле для основной стороны защищаемого трансформатора	$W_{осн.расч} = \frac{F_{с.р.}}{I_{с.р.осн}};$ $F_{с.р.} = 100A$
11	Принятое число витков для основной стороны $W_{осн.}$	$W_{осн.}$ принимается ближайшее меньше по отношению к $W_{осн.расч}$ число витков
12	Расчетное число витков обмотки НТТ реле для неосновной стороны $W_{неосн.расч}$	$W_{неосн.расч} = \frac{W_{осн.} \cdot I_{2осн}}{I_{2неосн}}$ Токи взяты из пункта 7 с учетом того, какая из сторон принята за основную
13	Принятое число витков обмотки БНТ реле для неосновной стороны	$W_{неосн.}$ – принимается ближайшее целое число
14	Составляющая первичного тока небаланса $I_{нб.расч.макс.}$ см. выражение (7), обусловленная округлением расчетного числа витков неосновной стороны, $I'''_{нб.}$ , А	$I'''_{нб.} = \frac{\Delta f}{100} \cdot I_{к.вн.макс}^{(3)} =$ $= \frac{(W_{неосн.расч} - W_{неосн.})}{W_{неосн.расч}} \cdot I_{к.вн.макс}^{(3)}$
15	Первичный расчетный ток небаланса $I_{нб.расч.макс.}$ с учетом $I'''_{нб.}$ , А	$I_{нб.расч.макс.} = \frac{(\varepsilon + \Delta U_{рег})}{100} \cdot I_{к.вн.макс}^{(3)} + I'''_{нб.}$
16	Уточненное значение тока срабатывания реле на основной стороне, А	$I_{с.р.осн} = \frac{F_{с.р.}}{W_{осн}}$
17	Уточненное значение тока срабатывания защиты на основной стороне (А)	$I_{с.з.} = \frac{I_{с.р.осн} \cdot K_{ТТ.осн}}{k_{сх}}$ Здесь $K_{ТТ.осн} = K_{ТТ.вн}$ (или $K_{ТТ.нн}$ ), а $k_{сх} = \sqrt{3}$ (или 1) в зависимости от того, какая из сторон принята за основную
18	Действительный коэффициент отстройки $k_{отс}$	$k_{отс} = \frac{I_{с.з.}}{I_{нб.расч.макс}}$ Здесь $I_{нб.расч.макс.}$ берется из пункта 15

**Примечание.** Расчетные коэффициенты трансформации трансформаторов тока  $K_{Т.вн}$  и  $K_{Т.нн}$  могут отличаться от стандартных значений. Поэтому после определения коэффициентов по пункту 5 табл.2 необходимо выбрать ближайшие к расчетному значению из следующих стандартных значений: 10/5; 20/5; 30/5; 50/5; 75/5; 100/5; 150/5; 200/5; 300/5; 400/5; 600/5; 800/5; 1000/5; 1200/5; 1500/5; 2000/5; 3000/5; 4000/5; 5000/5; 6000/5.

Действительный коэффициент отстройки должен быть не менее 1,3, если  $k_{отс} < 1,3$ , то следует принять для основной стороны другое число витков  $W_{осн.}$ , меньшее по отношению к принимавшемуся ранее (см. пункт 11). Затем повторить расчет по пунктам 12-18. Расчет повторяется до тех пор, пока действительный коэффициент отстройки окажется примерно равным или большим 1,3, полученные при этом числа витков  $W_{осн.}$  и  $W_{неосн.}$  обмоток БНТ принимаются для установки на основной и неосновной стороне (см. рис. 2).

3.3. Определяется значение коэффициента чувствительности для уточненного тока срабатывания защиты, соответствующего окончательно принятому значению (см. пункт 17), в режиме двухфазного короткого замыкания на выводах низшего напряжения. Коэффициент чувствительности определить по (10). Он должен быть не менее 2.

### **Порядок выполнения работы**

1. Разобраться с особенностями дифференциальной защиты трансформаторов, схемами соединения трансформаторов тока, составляющими тока небаланса.

2. Ознакомиться с принципом действия, конструкцией и регулировкой реле РНТ-565; начертить схему внутренних соединений, записать паспортные данные.

3. Составить схему продольной дифференциальной защиты трансформатора с соединением обмоток  $Y / \Delta - 11$ , указать токораспределение в ней при трехфазном КЗ в зоне и вне зоны действия защиты.

4. Произвести необходимый расчет защиты согласно варианту, указанному преподавателем (см. краткие методические указания по расчету дифференциальной токовой защиты трансформатора).

5. Установить с помощью регулировочных винтов требуемое расчетом число витков на всех обмотках промежуточного трансформатора (в соответствии с расчетом).

6. Собрав схему по рис. 2, проверить МДС срабатывания на разных уставках, используя сначала только дифференциальную обмотку, а затем совместно дифференциальную и уравнительную. Для этого при заданных положениях регулировочных винтов, плавно увеличивая ток в цепи, зафиксировать минимальное значение тока, при котором контакты реле надежно замыкаются, это значение тока является током срабатывания; результаты за-

нести в табл. 3. Для каждого измерения подсчитать значение МДС срабатывания  $F_{с.р.}$ .

7. Сравнить полученные результаты опытов с данными, указанными в справочной литературе; сделать заключение о пригодности реле в эксплуатации.

Таблица 3

Положение регулировочных винтов			Измеряемые величины	
$w_d$ , ВИТ.	$w_{уп I}$ , ВИТ.	$w_{уст} = w_d + w_{уп I}$ , ВИТ.	$I_{с.р.}$ , А	$F_{с.р.} = I_{с.р.} \cdot w_{уст}$

### Контрольные вопросы

1. Как настроить реле типа РНТ-565 на заданный ток срабатывания?
2. Назначение уравнильных обмоток в реле типа РНТ-565.
3. Можно ли в реле типа РНТ-565 использовать уравнильные обмотки без дифференциальной?
4. Что такое коэффициент чувствительности реле типа РНТ-565?
5. Каким образом в реле типа РНТ-565 производится отстройка от бросков намагничивающего тока?
6. Чем обусловлено некоторое замедление в действии дифференциальной защиты с реле типа РНТ при КЗ в зоне защиты по сравнению со схемой дифференциальной защиты с токовым реле без БНТ?
7. Каково назначение резисторов  $R_{ш}$ ,  $R_k$  в схеме реле типа РНТ-565?
8. Допустима ли работа реле типа РНТ-565 с разомкнутой цепью короткозамкнутой обмотки?
9. Какова область применения дифференциальных токовых защит с торможением?
10. В чем преимущества и недостатки реле с магнитным торможением типа ДЗТ-11 по сравнению с дифференциальным реле типа РНТ-565?
11. Что такое магнитное торможение и как оно обеспечивается?

## Список литературы

1. Руководящие указания по релейной защите. Выпуск 13Б. Релейная защита понижающих трансформаторов и автотрансформаторов 110–500 кВ. Расчеты. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – С. 4-14.
2. Плащанский Л.А. Основы электроснабжения. Раздел "Релейная защита электроустановок" – М.: Изд-во Московского гос. горного ун-та, 2003. – С. 72-84.
3. Беркович М.А. и др. Основы техники релейной защиты. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – С. 67-71.
4. Андреев В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения. – М.: Высшая школа, 1991. – С. 64-78.
5. Реле защиты. – М.: Энергия, 1976. – С. 245-272.
6. Камнев В.Н. Практические работы по релейной защите и автоматике. – М.: Высшая школа, 1982. – С. 90-93.
7. Барзам А.Б., Пояркова Т.М. Лабораторные работы по релейной защите и автоматике. – М.: Энергия, 1984. – С. 120-133.



Шестаков Дмитрий Николаевич

**РАСЧЕТ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ  
ТРАНСФОРМАТОРА И ИСПЫТАНИЕ  
ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ РЕЛЕ**

Методические указания  
к выполнению лабораторной работы №7  
по курсу «Релейная защита систем электроснабжения»  
для студентов специальности 140211

Редактор Н. Л. Попова

---

Подписано к печати	Формат 60x84 1/16	Бумага тип. № 1
Печать трафаретная	Усл.печ.л. 1,25	Уч.-изд. л. 1,25
Заказ	Тираж 100	Цена свободная

---

Редакционно-издательский центр КГУ.  
640669, г. Курган, ул. Гоголя, 25.  
Курганский государственный университет.