



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ  
КВАЛИФИКАЦИИ

«Авиационный колледж»

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

к проведению лабораторных работ  
по дисциплине

# **«Релейная защита в системах электрообеспечения»**

Автор

Ахмедов Р.А.

Ростов-на-Дону, 2016

## Аннотация

Методические указания предназначены для студентов всех форм обучения специальности 08.02.09 «Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования промышленных и гражданских зданий»

## Автор



Преподаватель  
авиационного колледжа  
Ахмедов Р.А.



## Оглавление

Правила безопасности для студентов при проведении лабораторных работ .....	4
Лабораторная работа №1 .....	7
Лабораторная работа №2 .....	9
Лабораторная работа №3 .....	12
Лабораторная работа №4 .....	18
Лабораторная работа №5 .....	26
Библиографический список .....	32

## **ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

Ответственными за безопасное ведение работ являются преподаватели, проводящие занятия в лаборатории, лаборанты, ассистирующие при проведении работ, а также студенты – члены бригад, выполняющие лабораторные работы. К работе допускаются студенты после получения инструктажа по технике безопасности

и изучения инструкций лаборатории с отметкой в журнале инструктажа под роспись.

В лаборатории необходимо выполнять следующие правила:

– работать только на специально оборудованных рабочих местах;

– не касаться токоведущих частей электрической сети, аппаратов, установок, оборудования, приборов лаборатории.

Необходимые по программе работы пересоединения схемы с прикосновением к токоведущим частям производить только по распоряжению или с разрешения преподавателя, притом после снятия напряжения с токоведущих частей и проверки отсутствия на них напряжения;

– операции, связанные с прикосновением к токоведущим частям лабораторной установки, находящимся под напряжением, выполнять по распоряжению и с разрешения преподавателя с применением диэлектрических защитных средств, инструментов с изолированными рукоятками и под наблюдением другого члена бригады. При этом касание токоведущих частей допускается только в одной точке за исключением операций по проверке напряжения двухполюсным индикатором напряжения или вольтметром.

В последнем случае производится одновременное прикосновение щупами этих приборов в двух точках токоведущих частей или к токоведущей части и заземленной или зануленной проводящей части этой же установки;

– не касаться металлической части свободного конца проводника, подсоединенного противоположным концом к вольтметру, если второй подсоединенный к вольтметру проводник, используемый при измерении или проверке, уже касается противоположной металлической частью токоведущих частей, находящихся под напряжением;

## Релейная защита в системах электроснабжения

– при использовании инструмента с изолированными рукоятками или

щупов приборов не захватывать их рукоятки за ограничительными кольцами или буртиками со стороны проводящих частей щупов и инструмента;

– не касаться отопительных батарей, других заземленных или зануленных инженерных конструкций и частей здания и одновременно проводящих частей электроприемников: металлических корпусов приборов, кожухов оборудования, аппаратов и т. п.;

– не считать отсутствие показаний стационарных измерительных приборов или отсутствие свечения стационарно установленных сигнальных ламп абсолютным признаком отсутствия напряжения в контролируемых ими электрических цепях;

– не приближать голову к стендам на расстояние меньше 300 мм во избежание получения механических травм;

– по окончании работы или занятия приводить в исходное состояние рабочее место.

При проведении лабораторных работ запрещается

– оставлять в собранной на стенде схеме соединительные провода,

подсоединенные только с одного конца;

– работать без изображенной графически схемы;

– пользоваться неисправным инструментом и оборудованием;

– включать под напряжение схему, без предварительной проверки и

разрешения преподавателя;

– производить присоединение в электрических схемах под напряжением;

– производить рассоединение цепей, по которым протекает ток (независимо от уровня напряжения этих цепей);

– оставлять без наблюдения схему, находящуюся под напряжением;

– снимать и перевешивать предупреждающие или запрещающие плакаты или знаки, снимать или перемещать ограждения;

– загромождать рабочее место посторонними вещами;

– проникать за лицевые части стендов, ограждения и дверки оборудования, снимать кожухи и защитные ограждения электроустройств;

## Релейная защита в системах электроснабжения

- ходить без дела по лаборатории и отвлекать товарищей;
- оставлять схемы включенными после окончания работы.

Если произошел несчастный случай, необходимо:

- освободить пострадавшего от действия электрического тока путем снятия напряжения со схемы или иным безопасным способом;
- оказать первую помощь пострадавшему после устранения иных воздействий, наносящих вред его здоровью;
- сообщить о случившемся преподавателю;
- вызвать скорую помощь или медработника колледжа.

При возможности доставить пострадавшего в медпункт колледжа;

– указанные действия проводятся как можно быстрее. Поэтому, при возможности, необходимо участие нескольких человек, не мешающих друг другу.

**Необходимо помнить, что отсутствие видимых тяжелых повреждений от воздействия электрического тока или других причин ещё не исключает возможности последующего ухудшения состояния пострадавшего. окончательный вывод о состоянии его здоровья может сделать только врач.**

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

**Тема:** Изучение электромагнитного реле РТ-40

**Цель работы:** Изучить конструкцию и способы регулировки максимально-токового реле РТ-40

**Оборудование:** Лабораторный стенд

**Порядок выполнения работы:**

1. Ознакомиться с конструкцией реле РТ-40
2. Соединить последовательно токовые катушки реле РТ-40/10
3. Установить минимальный ток уставки  $I_y - 2,5A$
4. Вывести автотрансформатор
5. Включить автоматический выключатель
6. Подключить переключателем УП /положение «I» реле РТ-40/10/ для исследования к схеме питания
7. Увеличивая автотрансформатором ток в катушке реле найти значение тока, при котором якорь притягивается и замыкаются контакты  $I_{ср.р}$ . Загорается табло «реле сработало», а затем уменьшая ток до размыкания контактов определить ток возврата реле -  $I_{в}$ . /табло погасло/
8. Поочередно изменяя положения указателя на следующие по шкале уставки: 3-3,5-4-4,5-5A. Определить аналогично ток срабатывания  $I_{ср.р}$ . и ток возврата  $I_{воз}$  и записать их значения в таблицу

	Последовательное соединение						Параллельное соединение					
$I_y$ (A)	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5	6	7	8	9	10
$I_{ср.р}(A)$												
$I_{воз}$ (A)												
Квозвр.												

9. После окончания замеров при последовательном включении катушек вывести автотрансформатор и переключить «УП» установить в положение «0»

10. Произвести переключения токовых обмоток реле с последовательного на параллельное включение

11. Произвести испытание реле аналогично предыдущему

## Релейная защита в системах электроснабжения

12. Определить:

$$K_{в} = I_{возв} / I_{ср.р.}$$

**Контрольные вопросы:**

1. Как устанавливается ток уставки реле?
2. Что влияет на величину тока уставки?
3. Что такое коэффициент возврата, как он регулируется?



## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

**Тема:** Изучение индукционного реле РТ-81/1

**Цель работы:** Изучить конструкцию и способы регулировки индукционного максимального токового реле РТ-81/1

**Оборудование:** Лабораторный стенд

**Порядок выполнения работы:**

Определить  $I_{ср.р.}$ ;  $I_{в.}$ ;  $K_{в.}$

1. Ознакомиться с конструкцией реле РТ- 81 /1

2. Вывести автотрансформатор, переключатель «УП» установить в положение «II»

3. Установить ввертыванием штепселя в соответствующее гнездо панели ток уставки  $I_y - 4A$

4. Включить автомат и увеличивая с помощью автотрансформатора ток в катушке, найти минимальное значение тока. При котором рамка повернется и червяк войдет в зацепление с сегментом

5. Уменьшая с помощью автотрансформатора ток в цепи, найти максимальное значение тока, при котором червяк выйдет из зацепления с сегментом

6. Найти значения коэффициента возврата  $K_{воз.}$

**Снятие характеристики времени срабатывания реле РТ-81/1 в зависимости от тока в реле при  $I_y = 4A$**

1. Вывести автотрансформатор и поставить переключатель «УП» в положение «0»

2. Установить время  $t_{ср}=0,5с$ , винтом отсечки установить максимальный ток

3. Установить переключатель в положение «II» и автотрансформатором ток 4A

4. Вернуть переключатель в положение «0» и установить показания секундомера на «0». Включением тумблера ввести в схему электрический секундомер

5. Устанавливая переключатель в положение «II» включить схему. Остановка секундомера и загорание табло «реле сработало» укажут на срабатывание реле. Записать показания секундомера в таблицу 1

Таблица №1

$I_p(A)$	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40
$K=I_p/I_y$										
$t_{cp}=0,5c$										
$t_{cp}=4c$										

6. Установить автотрансформатором ток в катушке  $I_p = 8A$  (затем 12, 16, 20, 24, 28, 32, 36, 40A.) Вернуть переключатель в положение «0». Поставить показания секундомера на «0» и вновь включить схему

7. После каждого срабатывания реле записать показания электрического секундомера в таблицу 1.

8. Построить по данным испытаний зависимость  $t_{cp} = t(k)$ , где  $K$  - кратность токов в реле

9. Установить время на шкале  $t_{cp} = 4c$  и произвести аналогичные испытания

### Испытания электромагнитного элемента реле (отсечки)

1. Вывести автотрансформатор, поставить переключатель «УП» на «0»; отключить электрический секундомер

2. Установить на шкале отсечки кратность тока срабатывания отсечки 2(4;6;8)

3. Переключив «УП» в положение «II» автотрансформатором установить соответствующий ток в катушке реле 8A (16; 24; 32)

4. Возвратив «УП» в положение «II» и через короткие промежутки времени 5-6сек толчками подавать ток в реле. Произвести несколько включений подряд длительностью 2-3 сек

5. Если при 3-4х включениях тока отсечки реле ни разу не сработало, то не немного увеличивая ток и дав реле остыть в течение 1мин., повторить включение с интервалом в 10с., добиваясь, как минимум, однократного срабатывания из 10 включений. Измеренный ток является начальным током срабатывания. Данные замеры занести в таблицу 2

Таблица №2

Иуст.	8	16	24	32	40
$I_{ср.р}$ (нач.)					

## Релейная защита в системах электроснабжения

### **Контрольные вопросы**

1. Принцип работы реле.
2. Как можно регулировать коэффициент возврата?
3. Как изменить уставку реле?
4. Как изменить время срабатывания реле?
5. Чем изменяется ток срабатывания отсечки?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

**Тема:** Включение измерительных трансформаторов

**Цель работы:** Изучить схемы включения трансформаторов тока и реле

**Оборудование:** Лабораторный стенд

**Порядок выполнения работы:**

1. Ознакомиться с аппаратурой, установленной на стенде  
2. Собрать поочередно все схемы, представленные в описании стенда на его лицевой стороне. Для каждой схемы имитируем различные виды коротких замыканий. Переключатель в положение:

I - однофазное к.з. на землю (С-0)

II - двухфазное к.з. (А -В)

III - трехфазное к.з. (А-В-С)

3. Включаем автомат стенда и произведем запись показаний всех приборов в таблицу

4. С помощью векторных диаграмм, построенных для всех видов к.з. проверить правильность полученных результатов

5. По данным показаний приборов для каждой схемы определить величину коэффициента схемы ( $K_{сх} = I_p / I_2$ ), соответствующего определенному виду к.з.

6. Во время работы запрещается:

- проводить переключения в рабочей схеме, находящейся под напряжением;

- прикасаться к оголенным токоведущим частям установки  
включать рабочую схему после каких-либо изменений соединений в ней до проверки преподавателя;

- оставлять без наблюдения схему, находящуюся под напряжением;

- оставлять разомкнутыми вторичные обмотки трансформаторов тока.

## Релейная защита в системах электроснабжения

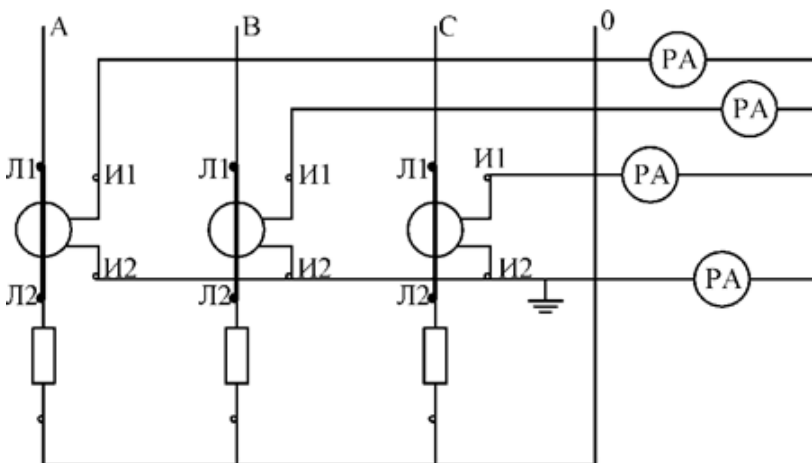


Рис.1.-схема полной звезды

Название схемы	Показания приборов							
	Первичная цепь				Вторичная цепь			
Виды к.з.	I A (A)	I B (A)	I C (A)	I o (A)	I a (A)	I в (A)	I с (A)	I o (A)
Однофазное (на землю)								
Двухфазное								
Трёхфазное								

## Релейная защита в системах электроснабжения

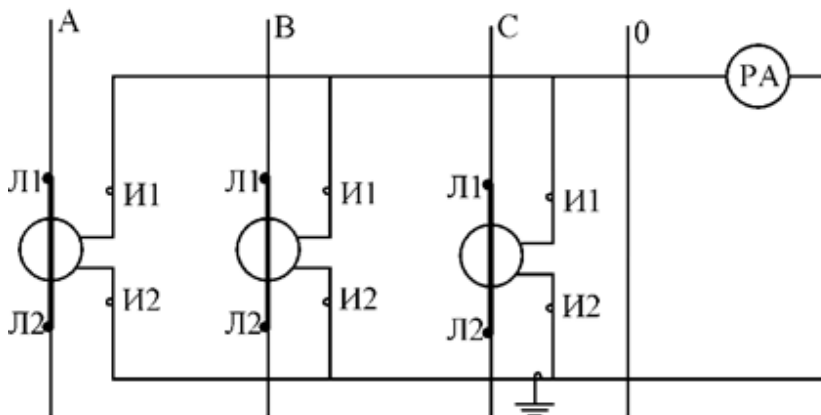


Рис.2.-Включение реле на сумму токов 3-хфаз

Название схемы	Показания приборов							
	Первичная цепь				Вторичная цепь			
Виды к.з.	I A (A)	I B (A)	I C (A)	I o (A)	I a (A)	I в (A)	I с (A)	I o (A)
Однофазное (на землю)								
Двухфазное								
Трёхфазное								

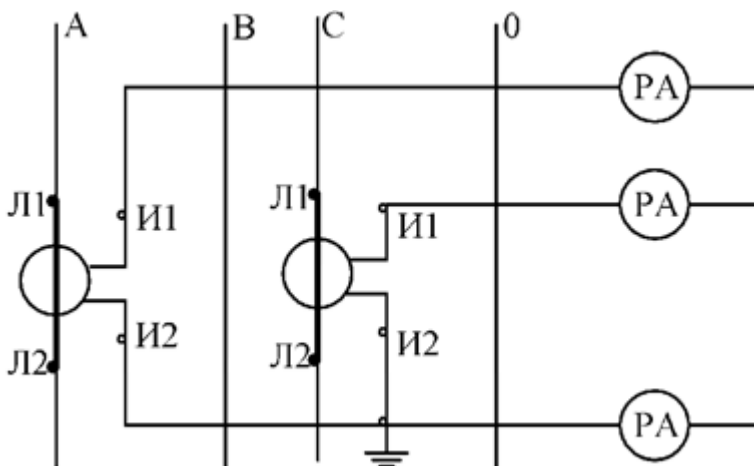


Рис.3.- Схема неполной звезды

Название схемы	Показания приборов							
	Первичная цепь				Вторичная цепь			
Виды к.з.	$I_A$ (A)	$I_B$ (A)	$I_C$ (A)	$I_o$ (A)	$I_a$ (A)	$I_b$ (A)	$I_c$ (A)	$I_o$ (A)
Однофазное (на землю)								
Двухфазное								
Трёхфазное								

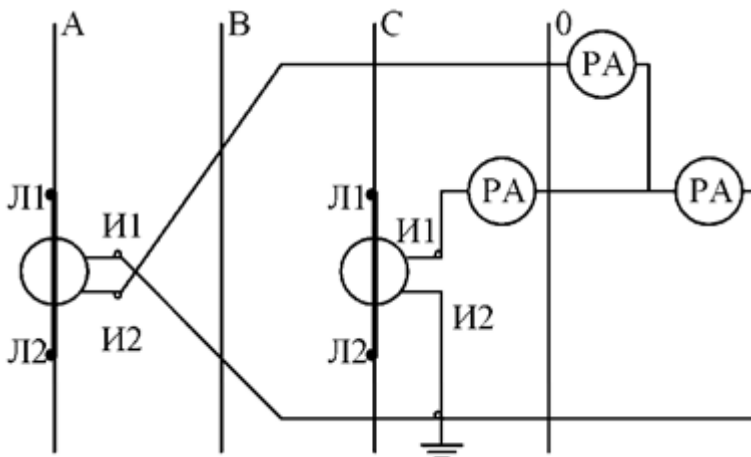
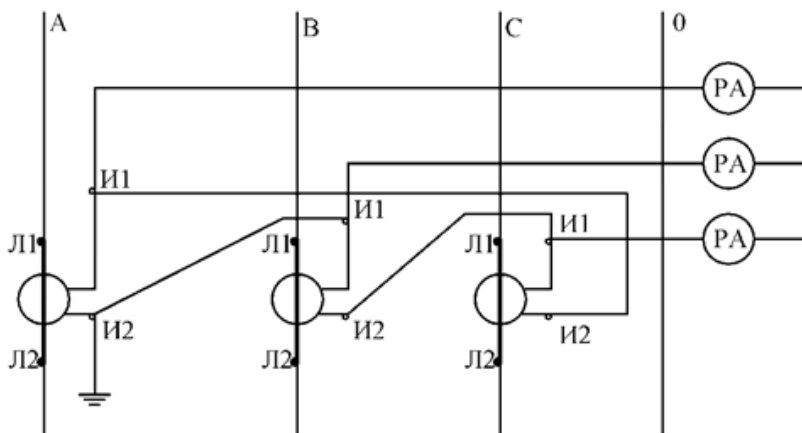


Рис.4. -Включение реле на разность токов 2-х фаз

Название схемы	Показания приборов							
	Первичная цепь				Вторичная цепь			
Виды к.з.	$I_A$ (A)	$I_B$ (A)	$I_C$ (A)	$I_o$ (A)	$I_a$ (A)	$I_b$ (A)	$I_c$ (A)	$I_o$ (A)
Однофазное (на землю)								
Двухфазное								
Трёхфазное								



## Релейная защита в системах электроснабжения



5.Соединение вторичных обмоток трансформаторов тока в треугольник

Название схемы	Показания приборов							
	Первичная цепь				Вторичная цепь			
Виды к.з.	$I_A$ (A)	$I_B$ (A)	$I_C$ (A)	$I_o$ (A)	$I_a$ (A)	$I_b$ (A)	$I_c$ (A)	$I_o$ (A)
Однофазное (на землю)								
Двухфазное								
Трёхфазное								

### Контрольные вопросы

1. Назовите схемы включения трансформаторов тока?
2. Назовите схемы включения реле?
3. Чему равен  $K_{сх}$  при соединении трансформаторов тока в звезду, треугольник?
4. Почему запрещается размыкать вторичную обмотку трансформаторов тока?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

**Тема:** Релейная защита силового трансформатора

**Цель работы:** Изучить назначение и схемы релейных защит силового трансформатора

**Оборудование:** Лабораторный стенд

**Ход работы:**

Максимальной-токовая защита

1. Ознакомиться с принципиальной схемой максимальной-токовой защитой трансформатора
2. Собрать схему МТЗ на стенде

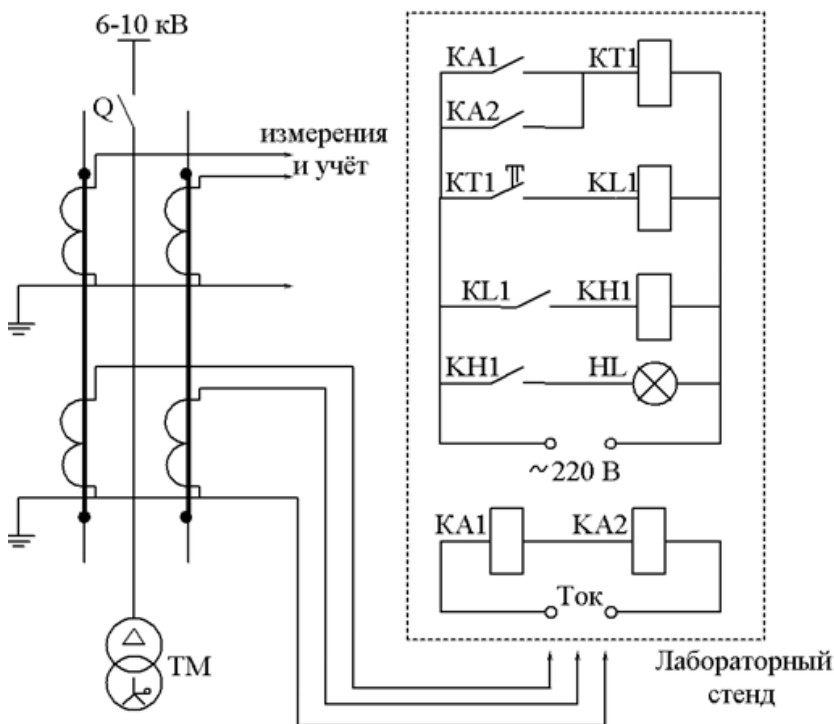


Рис.1 Схема максимальной-токовой защиты трансформатора

## Релейная защита в системах электроснабжения

3. Произвести расчет тока срабатывания реле тока РТ-40 (ток уставки), установить этот ток на реле КА, КА2, а также вычислить время срабатывания МТЗ

Примечание: вариант задается преподавателем

4. Установить штекер, соответствующий току уставки реле тока

5. Показать собранную схему и уставки реле тока и времени преподавателю

6. Включить стенд тумблером «стенд» (загорится табло «РЭТК»)

7. Включить тумблер «ток» и вращая рукоятку «ток 0,5-50А» по часовой стрелке, по амперметру установить ток срабатывания реле РТ40

8. Тумблером «220В» подать напряжение в схему цепей напряжения максимальной-токовой защиты

9. Произвести наблюдение за работой схемы МТЗ

10. После срабатывания защиты выключить тумблеры «ток» и «220В», вращением рукоятки против часовой стрелки до упора вывести реостат

11. Возвратить указательное реле КН1 / блинкер / в исходное положение

12. Отключить стенд и разобрать схему

13. Проверить коэффициент чувствительности МТЗ

### **Токовая отсечка**

1. Ознакомиться с принципиальной схемой токовой отсечки

2. Собрать схему токовой отсечки на стенде

## Релейная защита в системах электроснабжения

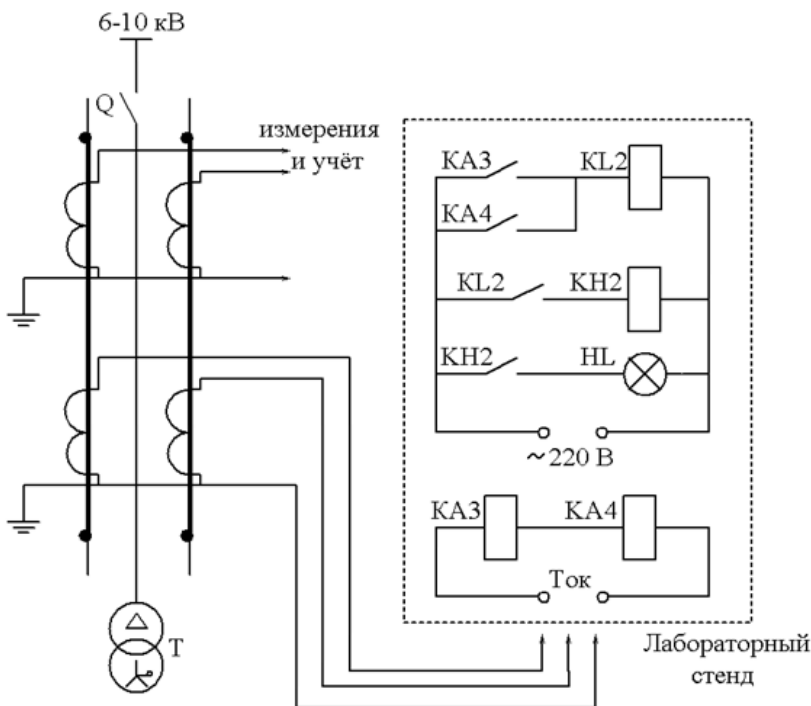


Рис.2 Схема токовой отсечки трансформатора

3. Произвести расчет тока срабатывания реле тока РТ-40 (ток уставки) и установить этот ток на реле КА3, КА4.
4. Установить штекер, соответствующий току уставки реле
5. Показать собранную схему и уставки реле преподавателю
6. Далее выполнить все пункты, указанные в разделе МТЗ (6-13п.п.)

### Перегрузка трансформатора

1. Ознакомиться с принципиальной схемой защиты трансформатора от перегрузки
2. Собрать схему защиты на стенде

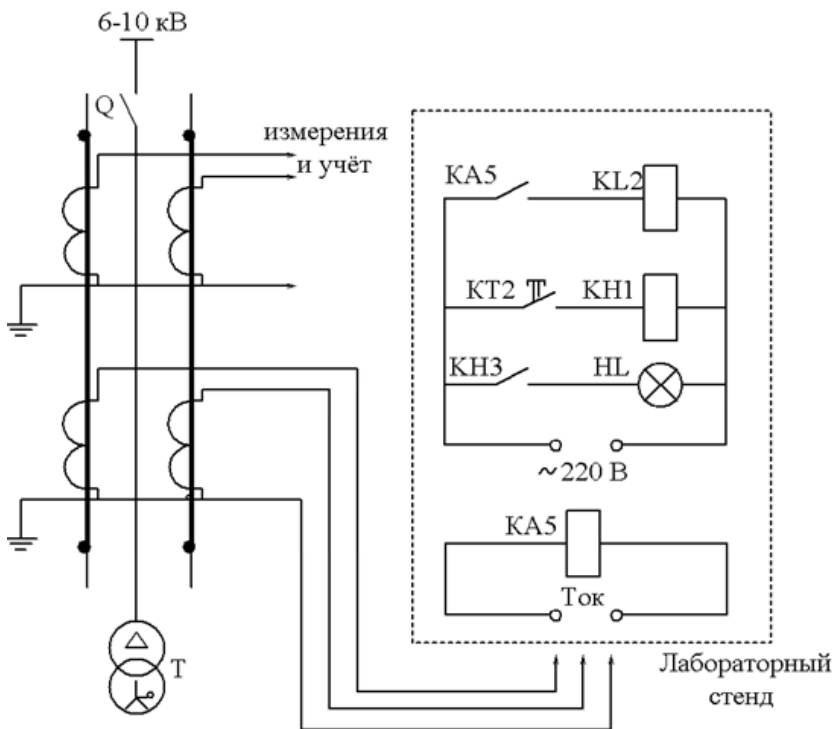


Рис.3 Схема защиты трансформатора от перегрузки

3. Произвести расчет тока срабатывания реле тока РТ-40 /ток уставки / и установить этот ток на реле КА5, а также вычислить время срабатывания защиты от перегрузки

4. Установить штекер, соответствующий току уставки реле

5. Показать собранную схему установки реле тока и времени преподавателю

6. Далее выполнить все пункты / 6-12 /, указанные в разделе МТЗ

### Газовая защита

1. Ознакомиться с принципиальной схемой газовой защиты

2. Собрать схему газовой защиты и показать преподавателю

## Релейная защита в системах электроснабжения

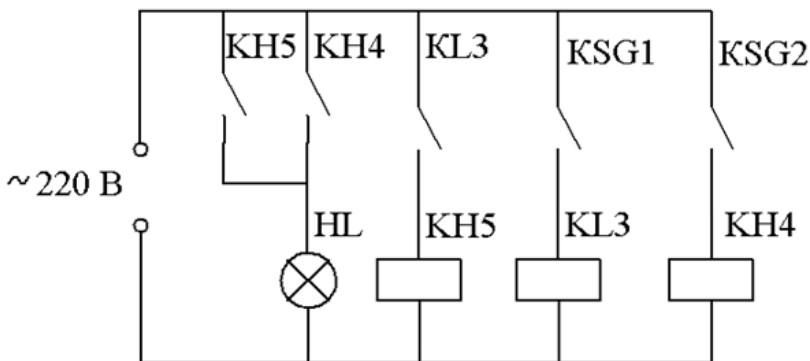


Рис.4 Схема газовой защиты трансформатора

3. Включить тумблером «стенд» и «220В»
4. Для имитации работы газовой защиты «на сигнал» включить тумблер KSG1
5. Произвести наблюдение за работой схемы
6. Отключить тумблер KSG1
7. Возвратить указательное реле KH 4 в исходное положение
8. Для имитации работы газовой защиты «на отключение» трансформатора включить тумблер KSG2
9. Произвести наблюдение за работой схемы
10. Отключить тумблер KSG2
11. Возвратить указательное реле KH5 в исходное положение
12. Отключить тумблеры «220В» и «стенд» и разобрать схему

**Контрольные вопросы**

1. Назначение различных видов релейных защит?
2. Как работают схемы релейных защит?
3. Назначение реле в схемах релейных защит?
4. Как определяется ток срабатывания релейных защит и ток уставки реле для МТЗ, ТО, защиты от перегрузки?
5. Как определяется время срабатывания МТЗ и защиты от перегрузки?
6. Почему газовая защита имеет две ступени срабатывания?

**Пример по расчёту релейных защит силовых трансформаторов**

Трансформатор ТМ 250-10/0,4, Кз-2,1 коэффициент самозапуска, выдержка времени за- щит присоединений, питающих-

## Релейная защита в системах электроснабжения

ся от трансформатора  $t_l=1,7с$ , степень селективности  $\Delta t=0,5с$ ,  
И<sub>кз.мах</sub>=5375А, минимальный ТКЗ на выводах 10кВ -  
И<sub>кз.мин</sub>=2100А, трансформатора тока ТПЛ-10 30/5

**Расчет максимальной-токовой защиты (МТЗ)**

Определяем номинальный ток силового трансформатора

$$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_n} = 250 / 1,73 \cdot 10 = 14,5А$$

Определяем ток срабатывания МТЗ

$I_{ср.з} = K_n \cdot K_z / K_v \cdot (I_{раб.мах.})$ , где  $K_n$  - коэффициент,  
учитывающий погрешность срабатывания реле

$K_z$  - коэффициент, учитывающий самозапуск

$K_v$  - коэффициент возврата реле

$$I_{раб.мах.} = 1,25 \cdot I_n = 1,25 \cdot 14,5 = 18,1А$$

$$I_{ср.р} = 1,2 \cdot 2,1 / 0,85 \cdot 18,1 = 53,7А$$

Определяем ток срабатывания реле

$I_{ср.р} = K_{сх} \cdot I_{ср.з} / k_{тт}$ , где  $K_{сх}$  - коэффициент, учиты-  
вающий схему включения трансформаторов тока

$k_{тт}$  - коэффициент трансформации трансформатора тока

$$I_{ср.р} = 1 \cdot 53,7 / 30 / 5 = 9А$$

Время срабатывания МТЗ определяем с учетом селективно-  
сти  $t_{ср} = t_l + \Delta t = 1,7 + 0,5 = 2,2с$

Коэффициент чувствительности максимальной-токовой за-  
щиты

$K_{ч} = I_{кз.мин} / I_{ср.защ} = 2100 / 53,7 = 39$ , что больше 2,  
т.е. удовлетворяет требованиям ПУЭ

**Токовая отсечка (ТО)**

Максимальный ток КЗ за трансформатором, т.е. на стороне  
0,4кВ

$$I_{кз.мах} = 5375А$$

## Релейная защита в системах электроснабжения

Ток срабатывания ТО отстраивается от максимального ТКЗ при повреждении за трансформатором

$$I_{ср.з} = K_{зап} \cdot I_{кз.макс}$$

$K_{зап}$ .-коэффициент запаса / для РТ-40  $K_{зап}=1,4 / I_{кз.макс}$  на стороне 0,4кВ приведем к стороне 10кВ

$$I_{кз.макс10}=I_{кз.0,4}/U_{нн} / U_{вн}=5375 \cdot 0,4/ 10=215A$$

тогда

$$I_{ср. з} = 1,4 \cdot 215 = 300A$$

Определяем ток срабатывания реле

$$I_{ср,р} = K_{сх} \cdot I_{ср.з} / k_{тт} = 1 \cdot 300 / 30/ 5=50A$$

Определяем коэффициент чувствительности

$K_{ч} = I_{кз.мин} / I_{ср.з} = 2100/300 = 7$ , что больше 2, т.е. удовлетворяет требованиям ПУЭ

**Перегрузка трансформатора**

Степень селективности  $\Delta t_n=5,8с$

Определяем ток срабатывания защиты

$$I_{ср.з} = K_n / K_{воз} \cdot I_n=1,05 / 0,85 \cdot 14,5=17,9A$$

Определяем ток срабатывания реле

$$I_{ср.р} = K_{сх} \cdot I_{срз} / k_{тт}= 1 \cdot 17,9 / 30/5=3A$$

Время действия перегрузочной защиты выбирается на ступень больше времени максимальной-токовой защиты

$$t_{перепр.} = t_{мтз} + \Delta t = 2,2 + 5,8 = 8с$$



**Варианты лабораторных работ**

№ п/п	Тип силового тр-ра	Тр-тр тока	Кз	тл (с)	Икз. мин. (А)	Икз. макс 0,4 (А)	$\Delta t$ перерп с	$\Delta t$ (с)
1	ТМ-250 6/0,4	40 / 5	1,7	1,8	1400	3900	4,9	0,3
2	ТМ-400 6/0,4	75 / 5	2,0	1,7	1700	6450	5,9	0,4
3	ТМ-630 6/0,4	100 / 5	1,8	1,9	2800	10350	4,8	0,3
4	ТМ-1000 10/0,4	150/5	1,7	2,0	3100	9600	5,8	0,2
5	ТМ-1600 6/0,4	300 / 5	1,9	1,5	4800	16050	6,0	0,5
6	ТМ-160010/0,4	400 / 5	2,0	1,2	2700	6575	6,7	0,1
7	ТМ-2500 10/0,4	75 / 5	2,2	2,1	2900	9375	4,5	0,4
8	ТМ-400 10/0,4	100 / 5	1,9	1,4	3500	14250	4,4	0,2
9	ТМ-630 10/0,4	150/5	1,8	2,3	4100	18250	4,4	0,3

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5

**Тема:** Релейная защита высоковольтного электродвигателя

**Цель работы:** Изучить назначение и схемы релейных защит высоковольтного двигателя

**Оборудование:** Лабораторный стенд

### ХОД РАБОТЫ

#### ТОКОВАЯ ОТСЕЧКА

1. Ознакомиться с принципиальной схемой токовой отсечки двигателя
2. Собрать схему токовой отсечки на стенде

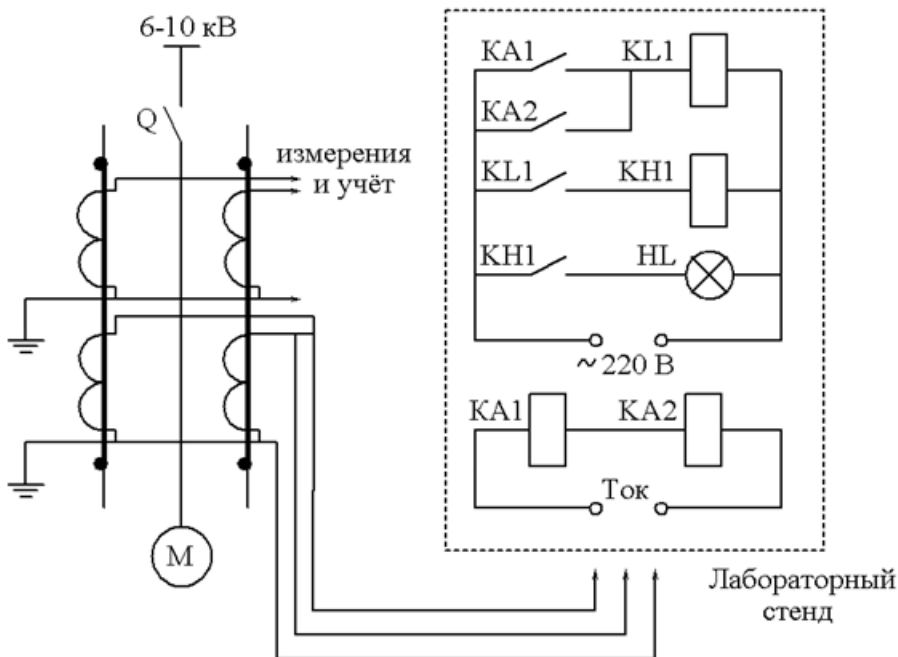


Рис.1 Схема токовой отсечки высоковольтного двигателя

## Релейная защита в системах электроснабжения

3. Произвести расчет тока срабатывания реле тока РТ-40 (ток уставки) и установить этот ток на реле КА, КА2

Примечание: Вариант задается преподавателем

4. Установить штекер, соответствующий току уставки реле

5. Показать собранную схему преподавателю

6. Включить тумблеры "Стенд" и "Ток", вращая по часовой стрелке рукоятку "Ток 0,5-50А" по амперметру установить ток срабатывания реле

7. Тумблером "220В" подать напряжение в схему цепей напряжения токовой отсечки

8. Произвести наблюдение за работой схемы токовой отсечки

9. После срабатывания защиты выключить тумблер "ТОК" и вращением рукоятки против часовой стрелки до упора вывести реостат

10. Возвратить указательное реле КН 1 (блинкер) в исходное положение

11. Отключить стенд и разобрать схему

12. Проверить коэффициент чувствительности токовой отсечки

**ПЕРЕГРУЗКА ДВИГАТЕЛЯ**

1. Ознакомиться с принципиальной схемой защиты

2. Собрать схему МТЗ для защиты эл. двигателя от перегруза

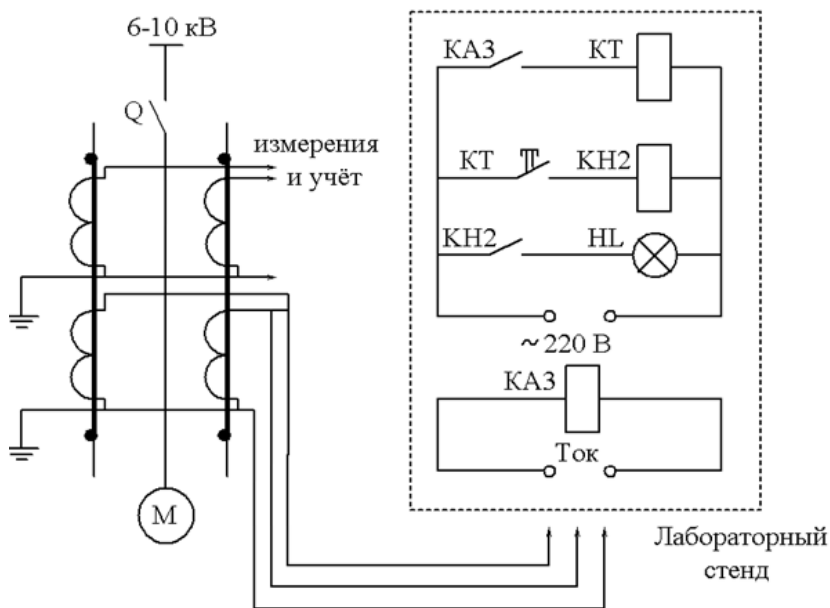


Рис.2 Схема защиты двигателя от перегрузки

3. Произвести расчет тока срабатывания реле тока РТ-40 (ток уставки) и времени срабатывания защиты. Установить ток срабатывания на реле тока КАЗ и выдержку времени на реле времени КТ

4. Установить штекер, соответствующий току уставки реле

5. Показать собранную схему и уставки реле тока и времени преподавателю

6. Включить тумблеры "Стенд" и "Ток", вращая по часовой стрелке рукоятку "Ток 0,5-50А" по амперметру установить ток срабатывания реле

7. Далее выполнить пункты (7-11), указанные в разделе "токовая отсечка"

### **ЗАЩИТА ОТ ЗАМЫКАНИЯ НА ЗЕМЛЮ**

1. Ознакомиться с принципиальной схемой защиты электродвигателя

2. Собрать схему защиты от замыканий на землю

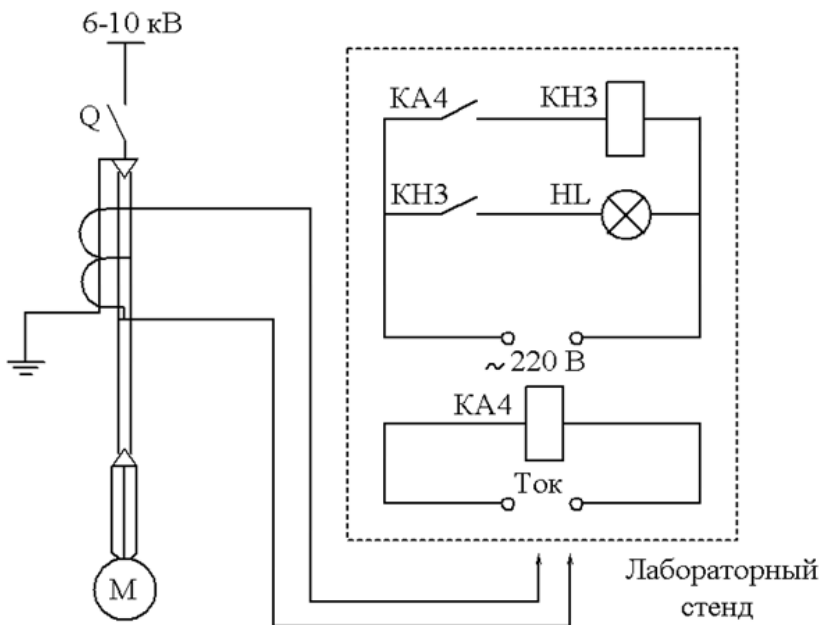


Рис.3 Схема защиты эл. двигателей от замыканий на землю

3. Установить ток срабатывания реле КА4 (см. варианты)
4. Установить штекер, соответствующий току срабатывания реле
5. Показать собранную схему и установку реле преподавателю
6. Далее выполнить пункты (6-11), указанные в разделе «токовая отсечка»

Контрольные вопросы

1. Назначение различных видов релейных защит в/в эл. двигателей
2. Как работают схемы релейных защит?
3. Как определяется ток срабатывания и ток уставки реле?
4. Как определяется время срабатывания защиты от перегрузки?
5. На что работают схемы релейных защит (на отключение, на сигнал)?

**Пример по расчету релейной защиты высоковольтного электродвигателя**

Двигатель  $P_{\text{НОМ}} = 250 \text{ кВт}$ ,  $U_{\text{НОМ}} = 6000 \text{ В}$ ,  $I_{\text{НОМ}} = 42 \text{ А}$ ,  $K_{\text{пуск}} = 6$ ; трансформатор тока ТПЛ-10 75/5, время пуска  $T_c$ , степень селективности  $t = 1 \text{ с}$ .

**ТОКОВАЯ ОТСЕЧКА**

Определяем ток срабатывания защиты токовой отсечки

$$I_{\text{сз}} = \frac{K_{\text{Н}} \cdot I_{\text{пуск}}}{K_{\text{ВОЗ}}}$$

$$I_{\text{пуск}} = K_{\text{пуск}} \cdot I_{\text{Н}} = 6 \cdot 42 = 252 \text{ А}$$

$$I_{\text{ср.з}} = \frac{1,2 \cdot 252}{0,85} = 356 \text{ А}$$

Определяем ток срабатывания реле

$$I_{\text{ср.р}} = \frac{K_{\text{сх}} \cdot I_{\text{ср.з}}}{\text{П}_{\text{ТТ}}} = \frac{1 \cdot 356}{75/5} = 23,7 \text{ А}$$

Определяем коэффициент чувствительности

$$K_{\text{ч}} = \frac{T_{\text{кз}}}{T_{\text{ср.з}}} = \frac{1200}{356} = 3,37$$

требованиям ПУЭ

что удовлетворяет

**ЗАЩИТА ОТ ПЕРЕГРУЗКИ**

Определяем ток срабатывания защиты

$$I_{\text{ср.з}} = \frac{K_{\text{Н}} \cdot I_{\text{НОМ}}}{K_{\text{ВОЗ}}}$$

$$I_{\text{ср.з}} = \frac{1,2 \cdot 42}{0,85} = 59,3 \text{ А}$$

Определяем ток срабатывания реле

## Релейная защита в системах электроснабжения

$$I_{\text{ср.р}} = \frac{K_{\text{сх}} \cdot I_{\text{ср.з.}}}{k_{\text{тт}}} = \frac{1 \cdot 59,3}{75/5} = 3,95 \text{ А}$$

Определяем время срабатывания защиты

$$t_{\text{перер}} = t_{\text{пуск}} + \Delta t = 7 + 1 = 8 \text{ с}$$

## Варианты лабораторных работ

№ Вар	Мощность эл.двигателя, (кВт)	U <sub>ном.</sub> , (кВ)	I <sub>ном.</sub> (А)	K пуск	Тип гр-ра тока	I <sub>кз.</sub> мин (А)	T пуск, (с)	Δt, (с)	I <sub>зам. земл.</sub> (А)
1	250	6	32,9	5,7	75/5	875	5,5	1,5	0,14
2	400	10	52,6	6,1	100/5	1100	6	1,2	0,15
3	500	10	65,7	4,7	150/5	1600	6,5	1,7	0,18
4	630	6	82,8	5,5	150/5	2200	7,0	1,5	0,24
5	800	6	105	6,4	200/5	3500	7,5	1,5	0,27

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1.Релейная защита энергетических систем Чернобровов Н.В., Семенов В.А.- М.: Энергоатомиздат, 2007.

2.Релейная защита в распределительных электрических сетях: Пособие для практических расчётов /А.В.Булычев, А.А. Наволочный.-М.: ЭНАС, 2011. – 208 с.

3.Релейная защита и автоматика систем электроснабжения В.А. Андреев. - М.: Высшая школа, 2006.

4.Основы техники релейной защиты Беркович М.А., Молчанов В.В., Семенов В.А. - 6-е изд., перераб. и доп., - М.: Энергоатомиздат, 1984, - 376 с, ил.