

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ

11/8/10

Одобрено кафедрой
«Электрификация
и электроснабжение»

РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА

Руководство к выполнению лабораторных работ
с методическими указаниями
для студентов V курса
специальности

190401.65 ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ (ЭЛ)

РОАТ

Москва – 2011

Составитель – канд. техн. наук, доц. Г. И. Гатальский

Рецензент – канд. техн. наук, доц. А. А. Дерябин

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ О ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТАХ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА»

1.1. Общие сведения

Целью лабораторных по дисциплине «Релейная защита» является:

- закрепление теоретических знаний и экспериментальная проверка ряда положений теории;
- изучение принципа действия и технических характеристик аппаратуры релейной защиты;
- приобретение практических навыков по сборке и испытанию электрической аппаратуры и схем релейной защиты.

Выполнение лабораторных работ позволит студентам научиться самостоятельно решать ряд практических задач, связанных со схмотехникой релейной защиты, анализировать результаты экспериментов и делать соответствующие выводы.

Перед выполнением лабораторных работ по релейной защите студенты разбиваются на бригады, состоящие из нескольких человек. При этом могут быть два основных метода проведения лабораторных работ:

- поточный;
- фронтальный.

При *поточном* методе все бригады выполняют разные по темам лабораторные работы, а затем меняются местами.

При *фронтальном* методе все бригады выполняют одни и те же лабораторные работы.

Возможна и комбинация этих двух методов.

При выполнении лабораторных работ по релейной защите будет в основном использоваться фронтальный метод, при этом роль преподавателя будет заключаться не только в наблюдении за работой студентов и проверке схем, но главным образом в методическом руководстве и консультациям по возникающим вопросам.

Следует помнить, что время, отводимое для лабораторных работ по релейной защите невелико, поэтому надо стремиться использовать его рационально для осознанного восприятия материала по релейной защите.

Полный перечень лабораторных работ по релейной защите следующий:

1. Изучение испытательных и измерительных устройств для релейной защиты.

2. Исследование трансформаторов тока и схем их включения в релейной защите.

3. Исследование электромеханических, полупроводниковых и микроэлектронных релейных элементов релейной защиты.

4. Исследование токовых защит высоковольтных линий с односторонним питанием.

5. Исследование дифференциальной защиты понижающих трансформаторов.

6. Исследование электронных защит фидеров контактной сети переменного тока 27,5 кВ.

7. Исследование микропроцессорных защит линий 10 кВ продольного электроснабжения и СЦБ.

8. Исследование защит фидеров контактной сети постоянного тока 3,3 кВ.

Однако с учетом ограниченного времени на лабораторные работы, отводимого по учебному плану, все вышеприведенные работы выполнить нереально. В связи с этим в данном руководстве приводятся методические указания к первым пяти (из вышеприведенного списка) лабораторным работам.

Следует отметить, что в принципе, по согласованию с преподавателем, студенты могут выполнить и лабораторные работы № 6, № 7, № 8 (вместо каких-либо работ № 1 ÷ 5).

Лабораторные работы по релейной защите выполняются с использованием натурной аппаратуры и методов физического моделирования. При этом используются не готовые стенды, построенные по «жесткой» (неизменной) схеме, а отдельные модули – блоки (своего рода «кирпичики»).

Использование отдельных модулей — блоков позволяет легко создавать (синтезировать) различные схемы, соединяя между собой внешними проводниками различные блоки.

В лаборатории релейной защиты имеются следующие блоки:

1. Источник питания (ИП).
2. ВысокОВОльтный выключатель (ВВ).
3. Линия электропередач (ВЛ).
4. Понижающий трансформатор (ТП).
5. Измерительные приборы — амперметры (А).
6. Понижающий трансформатор из трех однофазных трансформаторов.
7. Различные релейные элементы (электромеханические, полупроводниковые, микроэлектронные).
8. Электрический секундомер ПВ-53Щ.

Кроме того, в качестве отдельных устройств используются лабораторные измерительные трансформаторы тока типа И-54М, испытательные установки Нептун и Уран, вольтамперфазометр ВАФ-85М, электронная защита фидеров контактной сети переменного тока УЭЗФ, микропроцессорная защита «Сириус — Л», быстродействующий выключатель (ВВ) постоянного тока 3,3 кВ.

1.2. Методика проведения лабораторных работ по релейной защите и составление отчета

В соответствии с активной методикой проведения лабораторных работ рекомендуется следующий порядок их выполнения:

1. Исходя из поставленной задачи по рекомендуемым источникам (приведены ниже) следует теоретически проработать рассматриваемые вопросы. Для самопроверки теоретических знаний следует ответить на приводимые в каждой работе контрольные вопросы.

Краткие теоретические сведения и ответы на вопросы каждому студенту следует записать в тетради (с лекцией по релейной защите).

1. Составить необходимые схемы для решения поставленной задачи и согласовать их с преподавателем.
2. Применяя необходимые устройства, собрать требуемую схему и уведомить об этом преподавателя.
3. Проверить работоспособность схемы и затем снять необходимые показания.

При выполнении лабораторных работ следует соблюдать последовательность, которая указана в описании каждой работы. При необходимости внесения в ход лабораторных работ каких-либо изменений, их следует согласовать с преподавателем.

По каждой выполненной лабораторной работе должен быть оформлен отчет, который может быть один на бригаду.

В отчете по каждой лабораторной работе следует привести:

- наименование и цель работы;
- технические данные используемого в лабораторной работе оборудования и приборов;
- электрические схемы;
- результаты измерений, сведенные в таблицы, графики, диаграммы, анализ полученных результатов;
- общие выводы по работе.

1.3. Правила техники безопасности при проведении лабораторных работ по релейной защите

В лаборатории релейной защиты используются различные напряжения постоянного и переменного тока – от 12 до 220 В. При несоблюдении правил по технике безопасности эти напряжения могут представлять серьёзную опасность для человека. В связи с этим следует строго соблюдать технику безопасности, основные положения которой при выполнении лабораторных работ по релейной защите следующие:

1. Перед началом сборки схемы убедиться в отсутствии напряжения на данном рабочем месте.
2. Используемые блоки и аппаратуру следует размещать таким образом, чтобы в процессе выполнения работ была ис-

ключена возможность случайного прикосновения к оголенным токоведущим частям.

3. Не допускается использовать неисправные приборы и аппаратуру, провода с поврежденной изоляцией.

4. Сборку схемы проводить без натягивания и сворачивания проводов. Неиспользуемые соединительные провода необходимо убрать с рабочего места.

5. Напряжение на исследуемую схему можно подавать после согласования с преподавателем, предупредив об этом всех членов бригады, работающих на данном рабочем месте. При этом вначале рукоятки регуляторов напряжений и токов должны находиться на нулевой отметке.

6. Во время выполнения лабораторной работы запрещается:

- производить пересоединения в схеме, находящейся под напряжением;
- прикасаться к оголенным токоведущим частям;
- оставлять без наблюдения схему, находящуюся под напряжением.

7. Во всех случаях обнаружения неисправности в схеме или при появлении специфического запаха гари или дыма немедленно выключить напряжение и поставить в известность преподавателя.

8. После окончания работы необходимо выключить напряжение, разобрать схему и привести в порядок рабочее место.

9. Студенты допускаются к выполнению лабораторных работ по релейной защите после ознакомления с настоящими правилами, что должно быть зафиксировано в специальном журнале.

Рекомендуемая литература

1. Фигурнов Е.П. Релейная защита. –М.: Желдориздат, 2002. – 720 с.

2. Прохорский А.А. Тяговые и трансформаторные подстанции. –М.: Транспорт, 1983. – 496 с.

3. Почаевец В.С. Электрические подстанции. –М.: Желдориздат, 2001. – 512 с.

4. Барзам А.Б., Пояркова Т.М. Лабораторные работы по релейной защите и автоматике. – М.: Энергоиздат, 1984. – 256 с.

5. Информационные материалы в электронном виде по устройствам релейной защиты.

6. Реле защиты. Справочные данные ЧЭАЗ.

7. Профилактические испытания электрооборудования и проверка релейных защит тяговых подстанций: Сборник справочных материалов. – М.: Трансиздат, 2001. – 511 с.

8. Фигурнов Е.П., Жарков Ю.И., Петрова Т.Е. Релейная защита систем тягового электроснабжения переменного тока. – М.: Маршрут, 2006. – 272 с.

9. Руководящие указания по релейной защите систем тягового электроснабжения. – М.: Трансиздат, 2005. – 216 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

ИЗУЧЕНИЕ ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ И ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ

Цель работы – изучение испытательных и измерительных устройств релейной защиты.

Последовательность выполнения работы

1. По литературе [4, с. 10-25] рассмотреть вопросы, связанные с регулированием постоянного и переменного тока и напряжения для проверки устройств релейной защиты. По результатам такого изучения составить схемы для регулирования постоянного тока и напряжения, используя реостатное (для тока) и потенциометрическое (для напряжения) включения переменных сопротивлений. Затем составить схемы для регулирования переменного тока и напряжения, используя ЛАТР и нагрузочный трансформатор (для тока); ЛАТР и промежуточный трансформатор (для напряжения).

2. По литературе [4, с. 10-25, с. 32-36; 5] ознакомиться с традиционными измерительными и испытательными устрой-

ствами для релейной защиты (электросекундомер ПВ-53Щ; ВАФ-85М; У-5053 и др.).

3. По техническим и информационным материалам [5] ознакомиться с современными испытательными и измерительными устройствами для релейной защиты: отечественными – ВАФ-М, Парма ВАФ-А, ВАФ-М1 (М2), Ретометр, НТ-12, Нептун, Уран, Ретом-11, РЕТ-ВАХ, Ретом-51 (61), а также зарубежными, выпускаемые фирмами АВВ, Пергам, IСE, Omicron Electronic.

4. Используя функциональную схему устройства Нептун, приведенную в техническом описании и на его лицевой панели, составить структурную схему данного устройства и описать его основные технические данные.

5. Используя техническое описание, освоить порядок работы с устройством Нептун. Используя нагрузку (например, токовое реле, реле напряжения, реле времени), освоить регулирование переменного и постоянного напряжения и тока, а также измерение электрических и временных параметров.

Отчет по работе

Отчет должен содержать:

1. Схемы для регулирования постоянного и переменного тока и напряжения (в соответствии с пунктом 1).
2. Краткие сведения по традиционным и современным испытательным и измерительным устройствам (пункт 2, 3).
3. Структурную схему устройства Нептун, его основные технические данные и порядок работы с ним (пункт 4).
4. Порядок работы с устройством Нептун и результаты испытаний различных нагрузок (пункт 5).

Вопросы для самоподготовки

1. Как получают большие переменные токи для проверки релейной защиты?
2. Как получают переменные напряжения для проверки релейной защиты?

3. Как получают постоянные токи и напряжения для проверки релейной защиты?
4. Какие традиционные измерительные и испытательные устройства используются для проверки релейной защиты?
5. Какие современные измерительные и испытательные устройства используются для проверки релейной защиты?
6. В чем состоит преимущество испытательного комплекса Ретом-51(61) перед другими устройствами — например Ретом-11, Нептун, Уран?
7. Поясните устройство прибора Нептун по его структурной схеме.
8. Охарактеризуйте основные технические данные устройства Нептун.
9. Как с помощью устройства Нептун выставляются и измеряются необходимые токи и напряжения?
10. Как с помощью устройства Нептун измеряются временные параметры релейных элементов?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА И СХЕМ ИХ ВКЛЮЧЕНИЯ В РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ

Цель работы – проверка основных параметров трансформаторов тока и исследование схем их включения в трёхфазных сетях.

Последовательность выполнения работы

1. По литературе [1, с. 40-52, 62-64; 2, с. 96-103, 262-263; 3, с. 97-101, 352-353; 4, с. 133-150; 5] проработать теоретические сведения о трансформаторах тока, их основных параметрах и схемах их включения.

2. Измерить сопротивления изоляции трансформатора тока И-54М мегомметром на напряжение 500 или 1000 В. Испытание изоляции производится при замкнутых накоротко выводов вторичной и первичной обмоток трансформатора тока. Сопротивление изоляции должно быть не менее 1 МОм.

3. Составить схему и произвести проверку «полярности» (выводов) обмоток трансформатора тока И-54М.

4. Составить схему для проверки коэффициента трансформации k_{TA} трансформатора тока И-54(М) и УТТ-5. Собрать схему и произвести проверку k_{TA} для $I_{ном} = 5$ и 10 А (для И-54М) и $I_{ном} = 15$ А (для УТТ-5). Составить и собрать схему для оценки класса точности трансформатора тока И-54(М) при $k_{TA} = 1$.

5. Составить схему для снятия вольтамперной характеристики трансформаторов тока И-54(М). Собрать схему и снять вольтамперную характеристику сначала для одного, затем для другого трансформатора тока И-54(М) при $k_{TA} = 1$.

6. Составить и собрать следующие схемы включения вторичных обмоток трансформаторов тока и нагрузки в трехфазных сетях:

6.1. Схему полной звезды;

6.2. Схему неполной звезды;

6.3. Схему включения нагрузки на разность токов двух фаз;

6.4. Схему включения нагрузки на сумму токов трех фаз (фильтр тока нулевой последовательности – ФТНП);

6.5. Схему треугольника.

Для всех вышеупомянутых схем использовать блок из трех однофазных трансформаторов, блоки амперметров и трансформаторы тока И-54(М). При этом амперметры, включенные во вторичные обмотки трансформаторов тока, выступают в качестве нагрузки.

Пример схемы включения трансформаторов тока и нагрузки в полную звезду приведен на рис. 1.

Для каждой из вышеприведенных схем, имитируя различные виды к.з.: трехфазное, двухфазное, однофазное – произвести запись показаний амперметров. Показания приборов записывать в таблицы, в которых указываются значения первичных токов фаз, вторичные токи трансформаторов тока и токи, протекающие по нагрузке и нулевому проводу. В таблице привести также значения коэффициента схемы $k_{сх}$ при различных видах к.з.

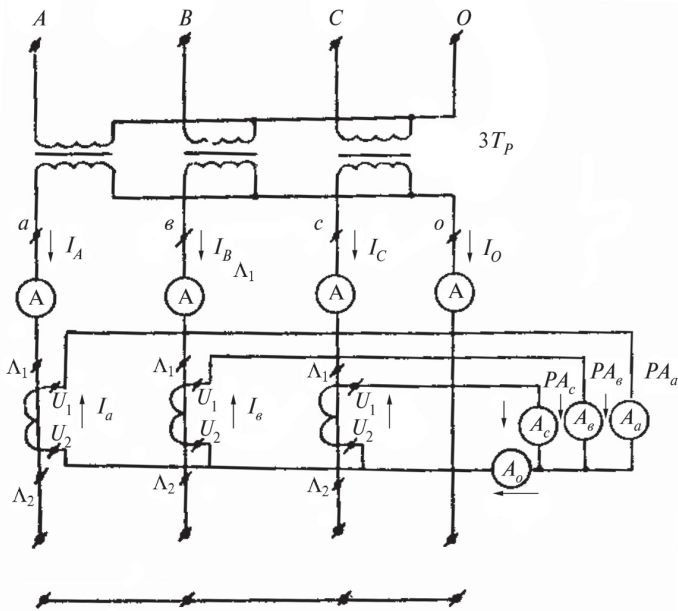


Рис. 1.

Пример такой таблицы для схемы полной звезды приведен в табл. 1.

При этом, если для какой-то схемы и вида к.з. ток равен нулю, но в принципе в этой цепи он может быть (например, ток в нулевом проводе при трехфазном к.з. для схемы полной звезды равен 0), то следует в графе таблицы писать 0. Если же вторичного тока нет из-за отсутствия в этой фазе трансформатора тока (например, в схеме неполной звезды в одной из фаз – обычно это фаза В – нет трансформатора тока), то для соответствующих токов этой фазы следует ставить прочерк.

Таблица 1

Вид к.з.	I_A	I_B	I_C	I_0	I_a	I_b	I_c	$I_{на}$	$I_{нв}$	$I_{нс}$	$I_{н0}$	$K_{сх}$
Трёхфазное												
Двухфазное (без земли)												
Двухфазное (с землей)												
Однофазное												

Для схемы полной звезды (для трехфазного к.з.) и схемы включения двух трансформаторов тока на разность токов двух фаз (для двухфазного к.з. фаз А и С) дополнительно произвести измерения при перепутанной полярности вторичной обмотки одного из трансформаторов тока (для экспериментальной проверки пунктов 11 и 12 вопросов для самоподготовки к выполнению лабораторной работы).

Отчет по работе

Отчет должен содержать:

1. Результаты измерения изоляции трансформатора тока, схему и проверку полярности выводов обмоток трансформатора тока (пункт 2, 3).

2. Схему и результаты проверки коэффициента трансформации k_{TA} трансформатора тока И-54(М) и УТТ-5 (пункт 4). Схему и результаты проверки класса точности трансформатора тока И-54(М) (пункт 4). Дать выводы по результатам испытаний.

3. Схему, результаты испытаний и сравнение вольтамперных характеристик двух трансформаторов тока И-54(М) (пункт 5). Дать выводы по результатам испытаний.

4. Схемы включения трансформаторов тока и нагрузки, векторные диаграммы и таблицы с результатами измерений (пункт 6). Дать выводы по каждой схеме включения трансформаторов тока и нагрузки и результатам испытаний. Привести результаты дополнительных испытаний для схем полной звезды и включения двух трансформаторов тока на разность токов двух фаз при перепутанной полярности вторичных выводов одного из трансформатора тока.

Вопросы для самоподготовки

1. Как измеряется и каково значение сопротивления изоляции вторичной обмотки трансформатора тока?

2. Как обозначаются выводы трансформатора тока? Как изображаются вектора первичного и вторичного тока транс-

форматора тока? Как производится проверка «полярности» (выводов) трансформатора тока?

3. Каким соотношением определяется коэффициент трансформации трансформатора тока?

4. Первичный номинальный ток трансформатора тока равен 200 А. Амперметр во вторичной обмотке трансформатора тока показывает ток 3 А.

Какой ток при этом протекает в первичной цепи?

5. Почему недопустим разрыв вторичной цепи трансформатора тока?

6. Как и с какой целью снимается вольтамперная характеристика трансформатора тока?

7. Какими погрешностями обладает трансформатор тока?

8. Что такое класс точности трансформатора тока?

9. Какие требования предъявляются к трансформаторам тока в устройствах релейной защиты?

10. Какие схемы включения трансформаторов тока и нагрузки используются в трехфазных цепях?

11. Что такое $k_{сх}$? Какие числовые значения может принимать $k_{сх}$?

12. Поясните назначение различных схем включения трансформаторов тока и нагрузки для релейной защиты?

13. Поясните с помощью векторных диаграмм значение тока в нулевом проводе в схеме полной звезды при трехфазном к.з. при правильно собранной схеме и при перепутанной полярности вторичной обмотки одного из трансформаторов тока?

14. Поясните с помощью векторных диаграмм значение тока в нагрузке в схеме включения двух трансформаторов тока на разность токов двух фаз при двухфазном к.з. фаз А и С при правильно собранной схеме и при перепутанной полярности вторичной обмотки одного из трансформаторов тока?

15. Что такое фильтры симметричных составляющих? Почему схема включения трех трансформаторов тока на сумму токов трех фаз представляет собой фильтр тока нулевой последовательности (ФТНП)?

16. Как работает и для чего используется кабельный трансформатор тока нулевой последовательности (ТТНП)?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЛЕЙНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Цель работы – изучение и проверка основных параметров релейных элементов.

3.1. Исследование электромагнитного токового реле типа РТ-40 (140)

Основные этапы выполнения работы

1. По литературе [1, с. 76-87; 2, с. 217-218; 3, с. 317-318; 4, с. 42-51; 5; 6] рассмотреть принцип действия, конструкцию, схему внутренних соединений и основные параметры электромагнитного токового реле типа РТ-40 (140).

2. Составить схему для испытания токового реле РТ-40 с помощью устройства Нептун.

3. Определить коэффициент возврата на минимальной (начальной) уставке шкалы и другой (любой) уставке при последовательном и параллельном соединении секций обмоток реле. Сравнить полученные значения k_v с нормированными (заводом-изготовителем) – т.е. не менее 0,85 на минимальной уставке шкалы и 0,8 – на остальных уставках шкалы.

Для этих же уставок определить время срабатывания (замыкания) контактов реле при значениях тока, равном $1,2 I_{уст}$ и $3 I_{уст}$. Время срабатывания (замыкания) контактов должно быть не более 0,1 с при токе, равном $1,2 I_{уст}$ и не более 0,03 с при токе, равном $3 I_{уст}$.

Для каждого испытания провести по три измерения и определить среднее значение.

Отчет по работе

Отчет должен содержать:

1. Схему внутренних соединений реле РТ-40 (140) и основные технические данные реле (пункт 1).

2. Схему для испытания токового реле с помощью устройства Нептун (пункт 2).

3. Значения коэффициента возврата на минимальной (начальной) уставке шкалы и другой (любой) уставке при последовательном и параллельном соединении секций обмоток реле. Сравнить полученные значения k_v с нормируемыми (пункт 3).

4. Время срабатывания (замыкания) контактов реле при значениях тока, равном 1, 2 $I_{уст}$ и 3 $I_{уст}$. Сравнить полученные значения $t_{ср}$ с нормируемыми (пункт 3).

Вопросы для самоподготовки

1. Что называется релейным элементом? Каков вид релейной характеристики?

2. Что такое коэффициент возврата? Почему для максимального реле $k_v < 1$, а для минимального $k_v > 1$?

3. В электромагнитном токовом реле на якорь воздействует электромагнитная сила притяжения. Какая сила в этом реле является опорной (противодействующей)? Как графически изобразить эти две силы?

4. Какова схема внутренних соединений реле РТ-40 и каковы его основные параметры?

5. Каков диапазон изменения токов срабатывания реле типа РТ-40 (140)?

6. Что показывает дробь в обозначении реле типа РТ-40 (140)?

7. Может ли работать электромагнитное токовое реле РТ-40 (140) на постоянном токе?

8. Каковы причины появления вибрации контактов электромагнитных реле и способы уменьшения?

9. Чем обусловлена зависимость времени срабатывания электромагнитных реле от кратности тока в обмотке по отношению к току срабатывания?

10. Следует ли соблюдать полярность секций при их последовательном и параллельном соединении?

11. Почему у реле РТ-40 (140) при параллельном соединении секций ток срабатывания увеличивается в 2 раза?

12. В каких пределах можно изменить ток срабатывания реле РТ-40, изменяя натяжение противодействующей пружины?

12. Как можно подрегулировать значение k_B ?

13. Почему у реле РТ-40 (140) электромагнит набран шихтованным железом с изоляцией пластин друг от друга?

3.2. Электромагнитное реле напряжения типа РН-53

Основные этапы выполнения работы

1. По литературе [1, с. 87-89; 2, с. 218-219; 3, с. 318-319; 4, с. 52-58; 5; 6] рассмотреть принцип действия, конструкцию, схему внутренних соединений и основные параметры электромагнитного реле напряжения типа РН-53.

2. Составить схему для испытания реле напряжения с помощью устройства Нептун.

3. Определить коэффициент возврата на одной из уставок шкалы для первого и второго диапазонов уставок напряжений срабатывания. Сравнить полученные значения k_B с нормированным – т.е. k_B должен быть не менее 0,8.

Для этих же уставок определить время срабатывания (замыкания) контактов реле при значениях напряжения, равном $1,2 U_{уст}$ и $2 U_{уст}$. Время срабатывания (замыкания) контактов должно быть не более 0,1с при напряжении, равном $1,2 U_{уст}$ и не более 0,03с при напряжении, равном $2 U_{уст}$.

Для каждого испытания провести по три измерения и определить среднее значение.

Отчет по работе

Отчет должен содержать:

1. Схему внутренних соединений реле РН-53 и основные технические данные реле (пункт 1).

2. Схему для испытания реле напряжения с помощью устройства Нептун (пункт 2).

3. Значения коэффициента возврата на одной из уставок шкалы для первого и второго диапазонов уставок напряжений

срабатывания. Сравнить полученные значения k_B с нормируемым (пункт 3).

4. Время срабатывания (замыкания) контактов реле при значениях напряжения, равном $1,2 U_{уст}$ и $2 U_{уст}$. Сравнить полученные значения $t_{ср}$ с нормируемыми.

Вопросы для самоподготовки

1. Какова схема внутренних соединений реле РН-53 и каковы его основные параметры?

2. Каким способом регулируется напряжение срабатывания реле напряжения типа РН-53?

3. Каким образом уменьшается вибрация контактов реле напряжения РН-53?

4. Можно ли применять реле напряжения РН-53 в цепях постоянного тока?

5. Когда время срабатывания реле больше – при работе реле на замыкание или размыкание контактов?

3.3. Исследование электромагнитного реле времени

Основные этапы выполнения работы

1. По литературе [1, с. 91-93; 2, с. 219; 3, с. 323; 4, с. 58-62; 5; 6] рассмотреть принцип действия, конструкцию, схему внутренних соединений и основные параметры электромагнитного реле времени типа РВ-100.

2. Составить схему для испытания реле времени с помощью устройства Нептун.

3. Определить напряжение срабатывания реле времени, т.е. минимальное напряжение, при котором якорь реле сразу втягивается до упора.

При этом напряжение срабатывания определяется при подаче на обмотку реле напряжения толчком. Плавно уменьшая напряжение, определить значение напряжения возврата реле.

Полученные значения четкого срабатывания не должно превышать $0,7 U_{ном}$. Напряжение возврата должно быть не менее $0,05 U_{ном}$.

4. Проверить время срабатывания реле на наименьшей, наибольшей и произвольной уставке по шкале при номинальном напряжении на обмотке реле. На каждой уставке следует произвести по 3-5 измерений и определить разброс времени срабатывания и среднее значение времени срабатывания. Определить также время срабатывания мгновенного контакта реле времени при $U=U_{ном}$. Это время должно быть не более 0,08 с.

Сравнить полученные абсолютные значения разброса времени срабатывания с нормируемым заводом-изготовителем разбросом:

- для реле с пределом уставок от 0,1 до 1,3 с – 0,06 с;
- для реле с пределом уставок от 0,25 до 3,5 с – 0,12 с;
- для реле с пределом уставок от 0,5 до 9 с – 0,34 с;

Отчет по работе

Отчет должен содержать:

1. Схему внутренних соединений реле времени и основные технические данные реле (пункт 1).

2. Схему для испытания реле времени с помощью устройства Нептун (пункт 2).

3. Значения напряжений срабатывания и возврата реле и сравнение их с нормируемыми значениями (пункт 3).

4. Времена срабатывания реле времени на наименьшей, наибольшей и произвольной уставке по шкале при номинальном напряжении на обмотке реле, а также разброс времени срабатывания и сравнение разброса с нормируемым значением (пункт 4).

Вопросы для самоподготовки

1. Какова схема внутренних соединений реле времени серии ЭВ-100 и каковы его основные параметры? Каким механизмом создается выдержка времени реле времени серии ЭВ-100?

2. Каким способом производится регулирование выдержки времени у реле времени серии ЭВ-100?

3. Каково назначение резистора и мгновенного контакта в реле времени серии ЭВ-100?

4. Что такое разброс времени срабатывания? Каково нормируемое значение разброса времени срабатывания реле времени серии ЭВ-100?

3.4. Исследование индукционного токового реле

Основные этапы выполнения работы

1. По литературе [1, с. 94-100; 2, с. 221-224; 3, с. 325-328; 4, с.71-77; 5; 6] рассмотреть принцип действия, конструкцию, схему внутренних соединений и основные параметры индукционного токового реле типа РТ-80 (90).

2. Составить схему для испытания индукционного токового реле с помощью устройства Нептун.

3. Для минимального значения тока срабатывания индукционного органа $I_{\text{ср.ио}}$ (по шкале токов) определить значение тока, при котором диск начинает вращаться (этот ток не должен превышать 30 % тока срабатывания индукционного органа $I_{\text{ср.ио}}$), ток срабатывания индукционного органа $I_{\text{ср.ио}}$ и ток возврата $I_{\text{в.ио}}$. Отсечка при этом должна быть выведена (регулируемый винт вывернут вверх до отказа), а уставку по шкале времени принять наибольшей. Коэффициент возврата должен быть не менее 0,8.

4. Установить на реле задаваемые преподавателем уставки тока срабатывания индукционного органа $I_{\text{ср.ио}}$, выдержку времени и кратность тока отсечки $k_{\text{отс}}$ (т.е. отношение тока отсечки к току срабатывания индукционного органа).

5. Изменяя ток в реле $I_{\text{р}}$ от $I_{\text{ср.ио}}$ до $1,5 I_{\text{ср.то}}$ снять показания $t_{\text{ср}}$ для построения времятоковой характеристики $t_{\text{ср}} = f(I_{\text{р}})$.

Отчет по работе

Отчет должен содержать:

1. Схему внутренних соединений реле и основные технические данные индукционного токового реле (пункт 1).

2. Схему для испытания индукционного токового реле с помощью устройства Нептун (пункт 2).

3. Значения тока срабатывания и возврата индукционного элемента реле и коэффициента возврата $k_{\text{в}}$ при минимальном значении тока срабатывания индукционного органа. Сравнить полученное значение $k_{\text{в}}$ с нормируемым (пункт 3).

4. Значения выставленных на реле $I_{\text{ср.ио}}$, кратность тока отсечки $k_{\text{отс}}$ и выдержку времени реле (пункт 4).

5. Значения $t_{cp} = f(I_p)$ в диапазоне от $I_{cp.io}$ до $1,5 I_{cp.to}$ и график времятоковой зависимости $t_{cp} = f(I_p)$ (пункт 5).

Вопросы для самоподготовки

1. Какова схема внутренних соединений реле РТ-80 (90) и каковы его основные параметры?
2. Из каких основных частей состоит индукционное токовое реле типа РТ-80 (90)?
3. Что такое ток срабатывания и возврата индукционного токового реле типа РТ-80 (90)?
4. Как регулируется ток срабатывания индукционного органа реле типа РТ-80 (90)?
5. Как регулируется ток срабатывания элемента токовой отсечки реле типа РТ-80 (90)?
6. Как регулируется время срабатывания индукционного органа реле типа РТ-80 (90)?
7. Что такое кратность тока отсечки для индукционного реле типа РТ-80 (90)?
8. Каков вид времятоковой характеристики индукционного токового реле типа РТ-80 (90)?
9. В чем состоит преимущество и недостатки индукционных токовых реле по сравнению с электромагнитными?

3.5. Исследование полупроводникового и микроэлектронного реле

Основные этапы выполнения работы

1. По литературе [1, с. 100-106; 2, с. 309-310; 3, с. 378-382; 5; 6] рассмотреть схемотехнику, принцип действия и основные параметры полупроводникового реле и микроэлектронного токового реле типа РСТ-11.
2. Составить структурные схемы полупроводникового и микроэлектронного токового реле типа РСТ-11.
3. Составить схему для испытания микроэлектронного токового реле типа РСТ-11 с помощью устройства Нептун.

4. Выставить на реле РСТ-11 задаваемую преподавателем уставку $I_{уст}$, исходя из выражения $I_{уст} = I_{min}(1 + \sum \emptyset)$, где I_{min} – минимальное значение уставки реле РСТ-11.

Определить на выставленной уставке коэффициент возврата реле (k_v должен быть не менее 0,9) и время срабатывания $t_{ср}$ при токе, равном $1,2 I_{уст}$ ($t_{ср}$ должно быть не более 0,06 с) и при токе, равном $3 I_{уст}$ ($t_{ср}$ должно быть не более 0,035 с).

Для определяемых параметров производить по три измерения и находить среднее значение.

Отчет по работе

Отчет должен содержать:

1. Структурные схемы и основные параметры полупроводникового реле и микроэлектронного токового реле типа РСТ-11 (пункт 1, 2).

2. Схему для испытания микроэлектронного токового реле типа РСТ-11 с помощью устройства Нептун (пункт 3).

3. Расчет, связанный с уставкой реле, токи срабатывания и возврата реле, значения коэффициента возврата и времени срабатывания при $I=1,2 I_{уст}$ и $I=3 I_{уст}$ и сравнение полученных значения $t_{ср}$ с нормируемыми (пункт 4).

Вопросы для самоподготовки

1. Какова структурная схема полупроводникового реле тока и каковы его основные параметры?

2. Какой элемент используется в качестве порогового органа в полупроводниковом реле тока? Что выступает в этом реле в качестве опорной величины?

3. Какова структурная схема микроэлектронного реле тока и каковы его основные параметры?

4. Какой элемент используется в качестве порогового органа в микроэлектронном реле тока типа РСТ-11? Что выступает в этом реле в качестве опорной величины?

5. Как регулируется ток уставки в полупроводниковом реле тока?

6. Как регулируется ток уставки в микроэлектронном реле тока РСТ-11?

7. Что дает использование двух пороговых органов в микроэлектронном реле тока РСТ-11?

8. Каковы преимущества и недостатки полупроводникового реле тока по сравнению с электромеханическими реле?

9. Каковы преимущества и недостатки микроэлектронного реле тока типа РСТ-11 по сравнению с электромеханическими реле?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОКОВЫХ ЗАЩИТ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ЛИНИЙ С ОДНОСТОРОННИМ ПИТАНИЕМ

Цель работы – изучение токовых защит высоковольтных линий, освоение методик расчета уставок этих защит и экспериментальная проверка их функционирования.

Последовательность выполнения работы

1. По литературе [1, с. 211-218; 2, с. 224-236; 3, с. 333-343] проработать теоретические сведения о принципе действия, выборе уставок и схемах включения максимальной токовой защиты (МТЗ) и токовой отсечки (ТО) высоковольтных линий.

2. Составить схему для снятия зависимости тока к.з. от расстояния до места к.з. для двух последовательно включенных линий с односторонним питанием. Схема должна содержать блок источника питания ИП, трансформатор тока И-54М, амперметр и две радиальные линии.

Замеры токов к.з. в разных точках высоковольтных линий (ВЛ) произвести для двух режимов работы энергосистемы – максимума и минимума (клеммы max и min на блоке источника питания).

По полученным данным построить график зависимости $I_{кз\max(\min)} = f(I)$.

3. Пользуясь заданными преподавателем максимальными токами нагрузки для ВЛ1 и ВЛ2 и полученными выше значениями $I_{кз}$, рассчитать токи срабатывания защит и реле МТЗ и ТО, а также коэффициенты чувствительности защит. Кроме

того, для ВЛ1 и ВЛ2 выбрать выдержки времени МТЗ для обеспечения селективности их работы.

4. По справочным данным [5; 6] выбрать необходимые для реализации защит МТЗ и ТО токовые реле типа РТ-40 и реле времени серии РВ (ЭВ)-100.

5. Составить схему первичных и вторичных цепей защит МТЗ и ТО.

6. Выставить на токовых реле рассчитанные токи срабатывания реле МТЗ и ТО, а на реле времени – выдержки времени МТЗ для ВЛ1 и ВЛ2.

Производя к.з. в различных точках ВЛ1 и ВЛ2, определить зоны действия МТЗ и ТО для режимов максимума и минимума энергосистемы, а также проверить селективность работы защит.

Отчет по работе

Отчет должен содержать:

1. Схему испытаний, результаты измерений и график зависимости $I_{кз\max(\min)} = f(I)$ для режимов максимума и минимума энергосистемы (пункт 2).

2. Расчет токов срабатывания защит и реле, коэффициенты чувствительности для ВЛ1 и ВЛ2 и выбор реле защит (пункт 3, 4).

3. Схему первичных и вторичных цепей защит МТЗ и ТО (пункт 5).

4. Зоны действия и график селективности защит (пункт 6).

5. Выводы по работе.

Вопросы для самоподготовки

1. По каким выражениям определяются токи срабатывания защит МТЗ и ТО?

2. По каким выражениям определяются токи срабатывания реле МТЗ и ТО.

3. В чем заключается главное отличие МТЗ и ТО?

4. Почему ТО отстраивается от $I_{кз\max}$?

5. Каковы зоны действия МТЗ и ТО? Что такое мертвая зона?

6. Почему в МТЗ важно иметь высокое значение коэффициента возврата, а в ТО этого не требуется?

7. Что такое коэффициент чувствительности, как он определяется для МТЗ и ТО и каковы его нормируемые значения?

8. Чем обеспечивается селективная работа МТЗ для двух ВЛ с односторонним питанием?

9. Каковы схемы первичных и вторичных цепей защит МТЗ и ТО?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ПОНИЖАЮЩИХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Цель работы – изучение дифференциальной защиты понижающих трансформаторов, освоение методики расчета уставок и экспериментальная проверка функционирования дифференциальной защиты.

Последовательность выполнения работы

1. По литературе [1, с. 300-314; 2, с. 370-375; 3, с. 281-297] проработать теоретические сведения о принципе действия и особенностях реализации продольной дифференциальной трансформаторов (компенсация неравенства токов во вторичных обмотках трансформаторов тока (ТА); отстройка от броска тока намагничивания с помощью быстронасыщающихся трансформаторов тока (БНТТ); компенсация сдвига токов по фазе в защитах силовых трансформаторов тяговых подстанций с 11-й группой соединения обмоток).

С учетом этих особенностей рассмотреть по [1, с. 311-314; 3, с. 286-289; 5; 6] рассмотреть схемотехническое построение реле дифзащиты трансформаторов ДЗТ-11.

2. По задаваемой преподавателем мощности физической модели трансформатора ($S=50\div 100$ В·А) и напряжений высокой (36 В), средней (12 В) или низкой (9 В) сторон трансформатора рассчитать уставки дифференциальной защиты для физической модели двухобмоточного трансформатора.

Приняв за основу методику, изложенную в [3, с. 289-292], расчет можно вести в следующей последовательности:

2.1. По заданной мощности и величинам напряжений сторон трансформатора определить номинальные токи для высокой и низкой сторон физической модели двухобмоточного однофазного трансформатора.

2.2. Выбрать номинальные коэффициенты трансформаторов тока для обеих сторон понижающего трансформатора.

2.3. Определить ток срабатывания защит $I_{сз}$, исходя из двух условий:

1) отстройки от броска тока размагничивания при включении трансформатора под напряжение – по выражению:

$$I_{сз} \geq k_H \cdot I_{ном.тр},$$

где k_H – коэффициент надежности (для ДЗТ-11 $k_H=1,5$);
 $I_{ном.тр}$ – номинальный ток трансформатора.

2) отстройки от максимального тока небаланса при внешних к.з. – по выражению:

$$I_{сз} \geq k_H \cdot I_{нб} = k_H \cdot (k_{одн} \cdot f_1 \cdot I_{кmax} + \Delta U_* \cdot I_{кmax}),$$

где $k_{одн}$ – коэффициент однотипности ТА (принимается $k_{одн}=1$);

f_1 – относительная погрешность ТА ($f_1=0,1$);

$I_{кmax}$ – значение тока к.з. при к.з. на вторичной обмотке трансформатора в режиме максимума энергосистемы;

ΔU_* – относительная погрешность, обусловленная регулированием напряжения трансформатора. Можно принять что $\Delta U_*=0$.

Ток к.з. при внешнем к.з. в режиме максимума энергосистемы определяется экспериментально. Для этого собирается схема, состоящая из блока источника питания, понижающе-

го трансформатора, трансформаторов тока и амперметров. Питание на ВН понижающего трансформатора подается с клемм 0 и max блока питания и определяются токи к.з. при к.з. на вторичной обмотке понижающего трансформатора. По найденному значению $I_{к\max}$ ВН понижающего трансформатора определяется I_{c3} по вышеприведенному второму условию.

За ток срабатывания I_{c3} дифференциальной защиты принимается наибольшее значение, найденное из двух вышеприведенных условий.

3. Определяется ток срабатывания реле:

$$I_{cp} = I_{c3} \cdot k_{cx} / k_{TA},$$

где k_{cx} – коэффициент схемы ($k_{cx}=1$);
 k_{TA} – выбранный выше коэффициент трансформации ТА со стороны ВН трансформатора.

4. Определяется расчетное число витков рабочей обмотки реле ДЗТ-11:

$$w_{раб} = F_{cp} / I_{cp},$$

где F_{cp} – намагничивающая сила срабатывания реле ДЗТ-11 ($F_{cp}=100 \text{ А}\cdot\text{В}$).

5. Определяется число витков уравнивающей обмотки реле ДЗТ-11 исходя из условия равенства нулю результирующей намагничивающей силы БНТТ в режиме внешнего к.з., т.е.:

$$I_{21} \cdot w_{раб} - I_{22} \cdot (w_{раб} + w_{yp}) = 0$$

откуда

$$w_{yp} = (I_{21} - I_{22}) \cdot w_{раб} / I_{22}.$$

6. На основании схемы рис. 174 [3], составить схему дифзащиты заданного двухобмоточного трансформатора. Тормозную обмотку можно при этом не применять. Схема должна содержать источник питания, высоковольтный трансформатор, понижающий трансформатор, два ТА и реле ДЗТ-11. Составленную схему согласовать с преподавателем.

7. Собрать схему защиты, выставить на реле ДЗТ-11 рассчитанное число витков рабочей и уравнильной обмотки.

8. Устраивая различные к.з. внешние (с НН и ВН трансформатора) и в зоне между трансформаторами тока, определить зону срабатывания дифференциальной защиты трансформатора.

Отчет по работе

Отчет должен содержать:

1. Схему внутренних соединений и основные технические данные реле ДЗТ-11 (пункт 1).

2. Расчет уставок дифзащиты ($I_{сз}$, схему для определения $I_{кmax}$, число витков рабочей и уравнильной обмоток) – пункты 2 ÷ 5.

3. Схему дифзащиты понижающего трансформатора (пункт 6, 7).

4. Результаты испытаний (при различных видах к.з.) – пункт 8.

5. Выводы по работе.

Вопросы для самоподготовки

1. Каков общий принцип действия дифференциальной защиты?

2. Каковы особенности реализации дифференциальной защиты понижающих трансформаторов?

3. Как производится компенсация неравенства токов во вторичных обмотках ТА понижающего трансформатора?

4. Как производится отстройка от броска тока намагничивания в реле дифзащиты при включении трансформатора под напряжение?

5. Как производится компенсация сдвига токов по фазе в защите силовых трансформаторов тяговых подстанций с 11-й группой соединения обмоток трансформатора?

6. Поясните схемотехнику реле ДЗТ-11?

7. Для чего используется тормозная обмотка в реле ДЗТ-11?

8. Каков порядок расчета уставок дифференциальной защиты?

9. Поясните схему дифференциальной защиты трансформатора с реле ДЗТ-11.

10. Какова зона действия дифференциальной защиты понижающего трансформатора?

РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА

Руководство к выполнению лабораторных работ
с методическими указаниями

Редактор Г.В. Тимченко

Корректурa Д.Н. Тихонычев

Компьютерная верстка Е. В. Ляшкевич

Тип. зак.	Изд. зак. 100	Тираж 300 экз.
Подписано в печать 17.10.11	Гарнитура NewtonС	Ризография
Усл. печ. л. 2,0		Формат 60×90 1/16

Редакционный отдел
Информационно-методического управления РОАТ,
125993, Москва, Часовая ул., 22/2

Участок оперативной печати
Информационно-методического управления РОАТ,
125993, Москва, Часовая ул., 22/2