МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

**«Тверской государственный технический университет»**

(ТвГТУ)

Кафедра электротехники и электроснабжения

Релейная защита и автоматизация

электроэнергетических систем

Методические указания к курсовомупроекту

для студентов направления 13.03.02

Электроэнергетика и электротехника

для дневного и заочного факультетов

Тверь 2017

Настоящие методические указания адресованы студентам дневной и заочной форм обучения направления подготовки бакалавров 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника и предназначены для оказания методической помощи при выполнении курсового проекта по курсу «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем».

Составлены в соответствии с требованиями Государственного образовательного стандарта и рабочей программой курса «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем» направления 13.03.02.

Составители: Русин А.Ю., Степанов А.А., Острик В.И.

Задачей курсовой работы является закрепление теоретических знаний и практических навыков по выбору схем релейной защиты, выполнению расчётов для выбора уставок на реле и проверки защит по чувствительности.

Результаты разработки курсовой работы должны быть оформлены в виде расчётно-пояснительной записки и графической части материала.

1. Требования к оформлению курсовой работы

 Курсовая работа оформляется в виде расчётно-пояснительной записки объёмом 25 страниц и графической части – 1 лист.

 На титульном листе указываются: название курсовой работы, кафедра, фамилия и инициалы студента, дата сдачи работы, фамилия и инициалы руководителя.

 Пояснительная записка должна содержать следующие материалы: оглавление, введение, необходимые расчёты и пояснения, схемы релейной защиты, заключение, список используемой литературы. При проектировании схем релейной защиты необходимо использовать только новые типы реле.

 Во введении необходимо кратко дать характеристику первичной схемы защищаемых элементов, возможных повреждений и ненормальных режимов работы, постановку задачи, подход к выбору принципов выполнения проектируемой релейной защиты.

 Расчёты должны содержать формулы с обязательной ссылкой на литературу, численные значения входящих в них величин, результат расчёта и размерность полученной величины. При выполнении расчётов обязательно указать основные положения для расчётов. Расчет каждой схемы защиты должен заканчиваться выбором типа и уставки реле. Если уставка реле дискретная, то после ее выбора необходимо рассчитать уточненный коэффициент чувствительности защиты. На листе изобразить:

- первичную схему защищаемых элементов;

- принципиальные разнесенные схемы выбранных защит в трёхфазном исполнении;

- спецификацию выбранных реле защит.

На листе должны быть три схемы защиты – каждой защищаемой линии и трансформатора. Все защиты трансформатора необходимо объединить в одну схему. Аналогично изображаются и схемы защит линий. Обязательно обеспечить сквозную нумерацию всех элементов схемы на чертеже.

Чертежи должны соответствовать требованиям действующих стандартов. В заключении излагаются выводы по результатам работы.

2. Содержание курсовой работы

Исходными материалами при проектировании устройств релей­ной защиты и автоматики являются электрические параметры защищаемого объекта, а также его схема включения и условия работы. Для определения предельных условий релейной защиты и автоматики требуется знание максимальных то­ков нагрузки, а также максимальных и минимальных токов КЗ.

В разделе решаются вопросы защиты и автоматики электрооборудования, установленного при проектировании схемы электроснабжения промышленного предприятия или подстанции: силовых трансформато­ровили автотрансформаторов ГПП; воздушных или кабельных линий, питающих цеховую КТП; цеховых трансформаторов, установленных в КТП; мощных асинхронных, синхронных двигателей и двигателей постоянного тока; сборных шин и конденсаторных установок, оборудования установленного на стороне 0,4 кВ.

Выбираются: оперативный ток для управления релейной защи­той и автоматикой;типы защит, устройства релейной защиты и автоматики, схемы защит и автоматики.

Релейную защиту и автоматику нужно выполнять с использованием современных микропроцессорных устройств. Использование электромагнитных реле необходимо обосновать.

3. Защита воздушных и кабельных линий.

Для воздушных и кабельных линий в общем случае используются три ступени защиты.

3.1 Первая ступень - токовая отсечка без выдержки времени.

Ток срабатывания защиты

  , (1)

где  – коэффициент отстройки первой ступени,

-значение тока трёхфазного КЗ в конце линии в максимальном режиме работы системы.

Назначение токовой отсечки без выдержки времени – быстрое отключение наиболее тяжелых КЗ в начале линии или на вводе трансформатора.

3.2. Вторая ступень - токовая отсечка с выдержкой времени.

Ток срабатывания защиты

,

где - коэффициент отстройки второй ступени;

- ток срабатывания первой ступени защиты следующей линии, определяемый по выражению (1).

Селективность второй при внешних КЗ обеспечивается выбором времени срабатывания . Время срабатывания защиты выбирается на ступень селективности больше выдержки времени первой ступени следующей линии:

=,

Где - ступень селективности.

Коэффициент чувствительности второй ступени должен быть больше 1,5.

Токовая отсечка с выдержкой времени устанавливается в случае, если максимальная токовая защита (МТЗ) имеет большую выдержку времени. На промышленных предприятиях такая ситуация практически не встречается и вторая ступень применяется редко.

3.3 Третья ступень - максимальная токовая защита.

Ток срабатывания защиты третьей ступени [1]:

, (2)

где – коэффициент отстройки МТЗ;

=2-2,5 –коэффициент самозапуска;

 – коэффициент возврата реле;

 – максимальный рабочий ток.

Выдержка времени выбирается по ступенчатому принципу, начиная с наиболее отдалённой от источника питания защиты. При этом каждая последующая защита в направлении к источнику питания должна иметь выдержку времени на ступень селективности больше выдержки времени предыдущей защиты [1]:

,

Для МТЗ рассчитываются два коэффициента чувствительности: основной и резервный.

,

где - минимальное значение тока КЗ в конце защищаемого участка (двухфазное КЗ в минимальном режиме работы системы).

,

где –минимальное значение тока КЗ в конце смежного участка.

При недостаточной чувствительности защиты следует установить на линии МТЗ с комбинированным пуском по напряжению.

На воздушных и кабельных линиях устанавливается защита от однофазных замыканий на землю. Ее вид зависит от режима работы нейтрали.

В сетях с изолированнойнейтралью наибольшее распространение получила фильтровая защита от однофазных замыканий на землю. При выполнении защиты используется схема соединения трансформаторов тока в фильтр тока нулевой последовательности или кабельные трансформаторы тока нулевой последовательности. Для фильтра тока нулевой последовательности используется схема соединения ТА на сумму токов трех фаз [1].Защита как правило выполняется на сигнал.

В сетях с глухозаземленнойнейтралью используется схема соединения трансформаторов тока на сумму токов трёх фаз или с включением трансформатора тока в нейтраль силового трансформатора с действием защиты на отключение.

4. Релейная защита понижающих силовых трансформаторов.

4.1 Дифференциальная токовая защита с использованием

блоковмикропроцессорных релейной защиты.

Методики расчета дифференциальной защиты на основе блоков микропроцессорной релейной защиты представлены на сайте Акционерное общество «Системный оператор Единой энергетической системы» в разделе «Стандарты организации»

Ссылки на методики расчета:

1)Методические указанияпо выбору параметров срабатывания устройств РЗА оборудования подстанций производстваООО «АББ Силовые и Автоматизированные Системы»

<http://www.fsk-ees.ru/upload/docs/STO_56947007-29.120.70.098-2011_izm_14.12.2016.pdf>

2)Методические указанияпо выбору параметров срабатывания устройств РЗАподстанционного оборудованияпроизводства ЗАО «АРЕВА Передача и Распределение»

<http://www.fsk-ees.ru/upload/docs/fsk_ees_ru_1108/production/STO_56947007-29.120.70.100-2011_izm_ot_25082015.pdf>

3)Методические указанияпо выбору параметров срабатывания дифференциально-фазной защиты производства GE Multilin (L60)

<http://www.fsk-ees.ru/upload/docs/56947007-29.120.70.031-2009.pdf>

4)Методические указанияпо выбору параметров срабатывания устройств РЗАподстанционного оборудованияпроизводства ООО НПП «ЭКРА»

<http://www.fsk-ees.ru/upload/docs/35.77_sto_56947007-29.120.70.99-2011_new.pdf>

5)Методические указанияпо выбору параметров срабатывания устройств РЗАсерии SIPROTEC (Siemens AG) трансформаторовс высшим напряжением 110-220 кВ

<http://www.fsk-ees.ru/upload/docs/STO_56947007-29.120.70.137-2012.pdf>

4.2. Дифференциальная токовая защита с использованием

электромагнитных реле.

Защита выполняется с реле серии РНТ- 565 или ДЗТ-11.

4.2.1. Расчёт дифференциальной защиты с реле РНТ проводится в следующем порядке:

1) Определяются первичные номинальные токи на сторонах высокого и низкого напряжения силового трансформатора, А

,

где *UНОМ* – номинальное напряжение соответствующей стороны.

2) Определяются вторичные токи в плечах защиты (в номинальном режиме), А:

,

3) За основную сторону защищаемого трансформатора принять сторону питания, т.е. сторону высокого напряжения.

4) Определяется первичный ток срабатывания защиты *I*СЗ. Отстройка от расчётного тока небаланса  при переходном режиме внешнего КЗ производится по выражению:

, (3)

где.

Расчётный ток небаланса определяется как сумма трёх составляющих:

,

где - составляющая, обусловленная погрешностью ТА;

- составляющая, обусловленная регулированием напряжения;

 составляющая, обусловленная неточностью установки на насыщающемся трансформаторе тока (НТТ) реле расчётных чисел витков для неосновной стороны.





 ,

где  – периодическая составляющая тока, проходящего через трансформатор при расчётном внешнем КЗ и приведённом к основной стороне;

 = 1 – коэффициент, учитывающий переходной режим;

 = 1- коэффициент однотипности ТА;

ε =0,1- относительное значение полной погрешности ТА;

- относительная погрешность, обусловленная регулированием напряжения, принимаемая равной половине диапазона регулирования;

*WРАСЧ*- расчётное число витков обмотки НТТ неосновной стороны;

*Wф*- фактическое (целое) число витков обмотки НТТ неосновной стороны.

Так как число витков *WРАСЧ* ещё не определено, то на первом этапе  вычисляется без учёта .

Отстройка от броска намагничивающего тока при включении трансформатора на холостой ход производится по выражению

, (4)

где  =1,3 – коэффициент отстройки защиты от броска намагничивающего тока;

 - номинальный ток, соответствующий среднему значению РПН и приведённый к основной стороне.

Из двух значений, полученных по выражениям (3) и (4), принимается большее.

5) Производится предварительная проверка чувствительности по выражению (для схемы соединения обмоток трансформатора Y/Δ-11):

, (5)

где - первичный ток при двухфазном КЗ за трансформатором (НН) в расчётных по чувствительности режимах работы подстанции и питающей системы, приведённый к стороне питания (ВН);

- коэффициент схемы, определяемый видом повреждения, схемой соединения ТА защиты на стороне основного питания и схемой соединения обмоток защищаемого трансформатора;

*I*СЗ - ток срабатывания защиты, приведённый к стороне питания.

 - коэффициент схемы для схемы соединения обмоток ТА на основной стороне.

Коэффициент чувствительности () должен быть не менее 2. Если  окажется не ниже допустимого, то расчёт защиты следует продолжить. Когда  окажется ниже допустимого, а расчётным для выбора тока срабатывания являлась отстройка от тока небаланса при внешних КЗ по (3), то следует перейти к расчёту защиты, выполненной с реле ДЗТ-11.

6) Определяется ток срабатывания реле, приведённый к основной стороне по выражению:

,

где  и -соответственно коэффициент схемы и коэффициент трансформации ТА основной стороны.

7) Определяется число витков обмотки НТТ реле для основной стороны:

,

где  = 100 А - магнитодвижущая сила срабатывания (МДС) реле РНТ-565. Принимается ближайшее меньшее по отношению к полученному целое число витков *WОСН* , которые могут быть установлены на НТТ реле.

8) Определяется число витков обмоток НТТ реле для неосновной стороны защищаемого трансформатора по выражению:

,

где  и  – вторичные токи в плечах защиты для основной и неосновной сторон, соответствующие номинальной мощности трансформатора.

Если число витков получается дробным, принимается ближайшее целое число витков .

9) Определяется первичный уточнённый ток небаланса *I*НБ РАСЧ с учётом .

10) Определяется ток срабатывания защиты по (3), соответствующий ранее принятому числу витков НТТ для основной  и неосновной  сторон.

11) Вычисляется коэффициент чувствительности защиты по (5), который должен удовлетворять ПУЭ.

4.2.2. Расчёт дифференциальной токовой защиты с реле ДЗТ-11

1) Первичный ток срабатывания защиты из условия отстройки от броска тока намагничивания, А:

*IСЗ* = 1,5*IНОМ ВН*

2) Расчётный ток срабатывания реле, приведённый к стороне ВН, А:

.

3) Число витков рабочей обмотки реле, включаемых в плечо защиты со стороны ВН :

 расчётное *WВН РАСЧ* = 100/*IСР* ,

 принятое *WВН* ≤ *WВН РАСЧ* .

4) Число витков рабочей обмотки реле, включаемых в плечо защиты со стороны НН:

 расчётное *W*НН РАСЧ =,

 принятое *W*НН –ближайшее к WНН РАСЧ целое число.

5) Число витков тормозной обмотки реле, включаемых в плечо защиты со стороны НН:

расчётное - *WТ РАСЧ* =(ε +,

где ε =0,1 ;*ΔU*\*- относительная погрешность, обусловленная РПН, принимается равной половине суммарного диапазона регулирования;

α –угол наклона касательной к тормозной характеристике реле ДЗТ-11, tgα =0,75 ;

принятое – *WТ*>*W*Т. РАСЧ , выбирается из ряда чисел 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 18, 24.

6) Минимальное значение тока в реле при двухфазном КЗ на выводах НН:

 на среднем ответвлении РПН

,

 на крайнем ответвлении РПН

.

Минимальное значение тока в обмотках трансформатора при трёхфазном КЗ на выводах НН:

-на среднем ответвлении РПН,

- на крайнем ответвлении РПН.

 7) Минимальное значение коэффициента чувствительности защиты при двухфазном КЗ на выводах НН:

 на среднем ответвлении РПН

,

 на крайнем ответвлении РПН

.

Для трансформаторов предусматриваются устройства релейной защиты от следующих видов повреждений и ненормальных режимов работы:

- многофазных замыканий в обмотках и на выводах трансформатора;

- токов в обмотках, обусловленных внешним коротким замыканием;

- токов в обмотках, обусловленных перегрузкой;

- витковых замыканиях в обмотках, понижения уровня масла;

- однофазных замыканий на землю в обмотке и на выводах, присоединённых к сети с глухозаземленнойнейтралью;

- однофазных замыканий на землю в сетях с изолированнойнейтралью.

На трансформаторах большой мощности для защиты от многофазных замыканий устанавливается дифференциальная защита. Методика ее расчета зависит от выбора микропроцессорного блока релейной защиты. Для электромагнитных реле методика расчета дифференциальной защиты приведена в [1].

На трансформаторах малой и средней мощности, которые обычно устанавливаются в цеховых КТП применяется двухступенчатая защита, состоящая из токовой отсечки без выдержки времени и МТЗ.Расчет параметров этих защит аналогичен расчету параметров первой и третьей ступеней защит линий. Отдельная защита на цеховых трансформаторах рассчитывается только в том случае, если на стороне высокого напряжения в цеховой КТП стоит вакуумный выключатель. Если его нет, то на ГПП устанавливается одновременно защита линии, питающей цех предприятия, и трансформаторов КТП.

На трансформаторах предусматривается защита от токов внешних КЗ (от сверхтоков). На трансформаторах малой и средней мощности МТЗ в двухступенчатой защите одновременно является и защитой от сверхтоков. На трансформаторах большой мощности ставится специальная защита от токов внешних КЗ. Так же максимальная токовая защита.

Ток срабатывания защиты рассчитывается по формуле (4.5.2). Выдержка времени выбирается из условной селективности на ступень выше выдержки времени защит присоединений, питающихся от трансформатора.

,

где - наибольшее время срабатывания защиты отходящих линий с шин НН.

Коэффициент чувствительности МТЗ должен быть больше или равен 1,5.

При недостаточной чувствительности защиту выполнить с блокировкой по напряжению. На трехобмоточных трансформаторах для обеспечения селективности МТЗ устанавливается со стороны каждой обмотки.

Защита от перегрузки обычно выполняется с выдержкой времени и с действием на сигнал.

Ток срабатывания реле определяется по формуле:

  ,

 где  = 1,05 – коэффициент отстройки;

 – номинальный ток обмотки той стороны трансформатора, на котором устанавливается защита.

Выдержка времени принимается на ступень селективности больше, чем время срабатывания защиты от внешних КЗ.

Для защиты трансформатора более 1000 кВА от межвитковых КЗ и от утечки масла устанавливается газовая защита. Допускается устанавливать газовую защиту на трансформаторах от 400 кВА.

Защита от однофазных замыканий цеховых трансформаторов 10/0,4 кВ основана на снятии сигнала с трансформатора тока, включенного в нейтраль трансформатора.

Ток срабатывания защиты

,

где  = 1,4 – коэффициент перегрузки.

Выдержка времени защиты согласуется с временем действия защит на отходящих линиях.

На трансформаторах 110 кВ и выше с глухозаземленнойнейтралью ставится аналогичная защита или защита нулевой последовательности с подключением микропроцессорного блока или измерительного реле к трансформаторам тока соединенным по схеме на сумму токов трех фаз. Во втором случае ток срабатывания защиты рассчитывается по формуле

,

где  - максимальный расчётный ток небаланса.

5. Защита оборудования 0,4 кВ.

Прежде всего, рассматриваются мощные асинхронные и синхронные двигатели, батареи статических конденсаторов, кремниево-выпрямительные агрегаты, для защиты которых предусматривается релейная защита. В случае отсутствия в схеме электроснабжения такого оборудования рассматривается защита типового оборудования 0,4 кВ с помощью автоматических выключателей, предохранителей, магнитных пускателей.

6. Автоматика СЭС

В разделе должна быть рассчитана и установлена в схеме электроснабжения предприятия как минимум одна схема автоматики, используемой в СЭС: АВР, АПВ, АЧР, АРПН, схема регулирования реактивной мощности батареи статических конденсаторов и т.д.

7. Оформление раздела.

В пояснительную записку включаются необходимые расчеты, рисунки, графики, таблицы и схемы.

Графическая часть включает в себя 1 плакат, выполняемый на стандартном листе формата А1 и содержит схемы защит. При оформлении листа можно использовать только принципиальные разнесенные схемы релейной защиты и автоматики. Все защиты одного электрооборудования объединяются в одну схему.

Литература.

 1. Андреев, В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения: учебник для вузов / В.А. Андреев. М.: Высшая школа, 2008. 639 с. (68052-12).

 2. . Дьяков, А.Ф. Микропроцессорная автоматика и релейная защита элек-троэнергетических систем / А.Ф. Дьяков, Н.И. Овчаренко. М.: МЭИ, 2010. 335 с. (84462-4).