

Министерство общего и профессионального образования РО
Новошахтинский техникум промышленных технологий -
филиал ГБПОУ РО
«Шахтинский региональный колледж топлива и энергетики
им. ак. Степанова П.И.»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ И ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ для
обучающихся очной формы обучения по дисциплине МДК.02.02 Релейная
защита электрооборудования электрических станций, сетей и систем
специальности 13.02.03 Электрические станции, сети и системы (базовая
подготовка)

Введение

Образовательные результаты, заявленные в ФГОС по дисциплине «МДК.02.02 «Релейная защита электрооборудования электрических станций, сетей и систем»:

уметь:

- контролировать режимы работы основного и вспомогательного оборудования и управлять ими;
- определять причины сбоев и отказов в работе оборудования;
- проводить режимные оперативные переключения на электрических станциях, сетях и системах;
- составлять техническую документацию по эксплуатации электрооборудования;

знать:

- назначение, принцип работы основного и вспомогательного оборудования;
- схемы электроустановок;
- допустимые параметры и технические условия эксплуатации оборудования;
- инструкции по эксплуатации оборудования;
- порядок действий по ликвидации аварий;
- правила оформления технической документации по эксплуатации электрооборудования.

Окончательная оценка выставляется обучающемуся за предоставленный отчёт и устный опрос о проделанной работе:

- оценка «5» - за полностью выполненную работу, оформленный отчёт и полные ответы на контрольные вопросы;
- оценка «4» - за полностью правильно выполненную работу, оформленный отчёт, за неточные ответы на контрольные вопросы;
- оценка «3» - за правильно оформленную работу, оформленный отчёт, за неточные ответы на контрольные и наводящие вопросы;
- оценка «2» - за не полностью выполненную работу, не оформленный отчет.

Общие указания к составлению отчёта

Практические работы являются одним из элементов учебной деятельности студента, выполнив которую, он должен составить отчёт.

Правильно составить отчёт, значит показать:

- степень усвоения знаний не только по дисциплине «Релейная защита электрического оборудования электрических станций, сетей и систем », но и по другим дисциплинам, изучаемым студентами данной специальности;

- умение проявить самостоятельность;

- творческий подход к выполнению заданий;

- знание нормативных документов, ГОСТов, ЕСКД;

- наиболее лучшую организацию своей работы, чтобы с наименьшими затратами времени и труда найти оптимальное техническое, математическое и другое решение;

- умение пользоваться справочной, информационной, нормативной литературой, ресурсами Интернет.

Отчёт выполняется рукописным способом на обеих сторонах листа формата А4. Оформление отчёта выполняется в соответствии с методическими указаниями по применению стандартов при оформлении учебной документации, текст отчёта иллюстрируется при необходимости графическим материалом в виде рисунков, схем, таблиц. Текст отчёта пишется пастой синего цвета. Отчёт составляется в соответствии с методическими указаниями к работе на основе результатов выполненной работы.

Проверяя отчёт, преподаватель отмечает:

- правильность оформления отчёта, т.е. соблюдение требований ГОСТ, ЕСКД и других нормативных документов;

- правильность выполнения задания;

- достоверность полученных результатов;

- ответы на контрольные вопросы и выводы по работе.

Преподаватель отмечает ошибки и выставляет оценку. В случае неудовлетворительной оценки отчёт возвращается. Студент исправляет ошибки и вновь сдаёт отчёт для проверки.

Практическое занятие № 1

1 Тема: расчет токов трехфазного к.з. в различных присоединениях КЭС

2 Цель: изучить расчет токов трехфазного к.з. в различных присоединениях КЭС

3 Оснащение: методические указания

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Расчетные условия к. з. – наиболее тяжелые, но достаточно вероятные условия, в которых может оказаться рассматриваемый элемент электроустановки при различных видах к. з. В соответствии с назначением расчетов выбирают расчетные условия. К ним относят: выбор расчетной схемы; выбор расчетной точки к. з.; выбор расчетного вида к. з.; выбор расчетного времени к. з.

Например: для проверки выбранного выключателя Q по условиям работы при к. з. необходимо знать максимальное значение тока при к. з. Расчетная схема приведена на рисунке 1. Расчетные условия при к. з. следующие: расчетная схема – включены оба источника C_1 и C_2 ; расчетная точка – K_1 ; расчетный вид к. з. – $K^{(3)}$; расчетное время к. з. – $t = 0$

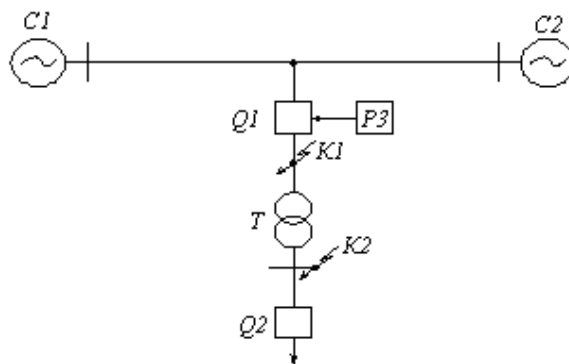


Рис. 1

Для оценки возможного действия релейной защиты (РЗ) при к. з. необходимо знать минимальное значение тока к. з. в зоне действия защиты. Расчетные условия в этом случае следующие: расчетная схема – отключен один из источников C_1 и C_2 (имеющий наименьшую электрическую удаленность); расчетная точка к. з. – K_2 ; расчетный вид к. з. – $K^{(2)}$; расчетное время к. з. – $t = t_{ср.РЗ}$ (время срабатывания релейной защиты).

5 Контрольные вопросы для формулировки вывода

5.1 Индивидуальные задания

6 Список литературы

6.1 Киреева Э.А. Релейная защита электроэнергетических систем.- М.:Академия,2017,- 283 с.

Практическое занятие № 2

1 Тема: расчет токов трехфазного к.з. в системе собственных нужд напряжением 3-6 кВ

2 Цель: изучить расчет токов трехфазного к.з. в системе собственных нужд напряжением 3-6 кВ

3 Оснащение: методические указания.

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

При к.з. в системе собственных нужд существенное влияние на характер процесса и ток оказывают группы электродвигателей, включенных вблизи места повреждения. Для привода механизмов собственных нужд применяют в основном асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором. При близком к.з. напряжение на выводах двигателей оказывается меньше их ЭДС. Двигатели переходят в режим генератора, посылающего ток в место повреждения. Синхронные двигатели при их наличии так же подпитывают место к.з.

Составляющую тока к.з. от двигателей необходимо учитывать при проверке аппаратов и проводников распределительных устройств собственных нужд, а также при расчете уставок релейной защиты оборудования 3-6 кВ. Для указанных целей необходимо знать начальное значение периодической составляющей, ударный ток, значения периодической и аperiodической составляющих тока к.з. в момент t^* размыкания контактов выключателей.

В общем случае к секциям собственных нужд электрических станций подключается большое количество двигателей разных типов и мощностей. При оценке результирующего влияния всех двигателей на ток к.з. в месте повреждения целесообразно все двигатели заменить одним эквивалентным.

Порядок расчета токов к.з. в системе собственных нужд электростанции:

- Составить расчетную схему, принимая во внимание лишь те двигатели, которые имеют с местом к.з. прямую электрическую связь.

- Составить схему замещения для определения тока к.з. от внешних источников (системы) и обычным способом рассчитать начальное значение периодической составляющей $I_{П:0:С}$.

- Определить суммарную номинальную мощность всех двигателей собственных нужд, электрически связанных с местом к.з., $\Sigma P_{НС.Н}$ и начальное значение периодической составляющей тока от двигателей:

$$I_{П:0:Д} = k_{пуск} \cdot \frac{\Sigma P_{НС.Н}}{\eta_D \cos \varphi_D \sqrt{3} U_{НС.Н}} = 4,0 \cdot \frac{\Sigma P_{НС.Н}}{U_{НС.Н}}$$

где $k_{пуск}$ – кратность пускового тока двигателя, $U_{НС.Н}$ – номинальное междуфазное напряжение двигателей.

- Найти начальное значение периодической составляющей полного тока к.з.

$$I_{П:0} = I_{П:0:С} - I_{П:0:Д}$$

Практическое занятие № 3

1 Тема: расчет токов несимметричных к.з.

2 Цель: изучить расчет токов несимметричных к.з.

3 Оснащение: методические указания.

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

1. Для рассматриваемой точки несимметричного к.з. составляется схема замещения для токов прямой последовательности. Затем, упрощая схему относительно точки E_S к.з., определяют суммарное сопротивление и эквивалентную ЭДС схемы.

2. Составляется схема замещения для токов обратной последовательности. Затем упрощая схему относительно точки к.з. определяют ее суммарное сопротивление $X_{2\Sigma}$ и ЭДС $E_{2\Sigma}$ обратной последовательности.

3. Составляется схема замещения для токов нулевой последовательности. Затем, упрощая схему относительно точки $X_{0\Sigma}$ к.з., определяют ее суммарное сопротивление нулевой последовательности $X_{0\Sigma}$.

4. Определяется сопротивление шунта к.з. для различных видов к.з.

где n - показатель вида к.з.

5. Определяется величина тока прямой последовательности для рассматриваемых видов к.з.

6. Определяются искомые фазные токи и напряжения в месте рассматриваемых видов к.з. либо аналитическим способом, либо построением векторных диаграмм токов и напряжений.

7. При необходимости определяют: величину тока в земле или в нейтрали элемента (генератора, трансформатора); симметричные составляющие токов и напряжений в месте к.з. и их распределение в схеме соответствующих последовательностей и т.п.

Определение токов прямой, последовательности в месте несимметричного к.з.

1. Составляется схема замещения для токов прямой последовательности. Эта схема является обычной схемой, которую составляют для расчета токов при трехфазном к.з., т.к. последние являются токами прямой последовательности. Далее, упрощая схему относительно рассматриваемой точки несимметричного к.з., определяют ее эквивалентную ЭДС E_S и суммарное сопротивление X_S . Конечная схема имеет вид (рис.5)

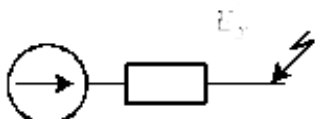


Рис 5. Упрощенная схема прямой последовательности

2. Составляется схема замещения для токов обратной последовательности. Схема состоит из трех элементов, как и схема прямой последовательности, т.к. токи прямой и обратной последовательностей протекают по одним и тем же путям.

Отличие: точки приложения ЭДС источников заземляются, т.к. ЭДС обратной последовательности генерирующих ветвей условно принимают равными нулю ($E_2 = 0$);

а) генераторы замещаются со своими сопротивлениями обратной последовательности X_2 . (сопротивление X_d заменяется сопротивлением X_2).

В данной работе можно принять $X_2 = X_d''$.

Сопротивление трансформаторов, линии и реактора прямой и обратной последовательностей равны.

Далее упрощая схему относительно точки несимметричного к.з. определяют ее суммарное сопротивление X_{2s} . Конечная схема имеет вид (рис. 6).

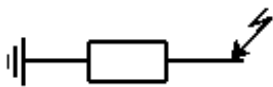


Рис 6. Упрощенная схема обратной последовательности

3. Составляется схема замещения для токов нулевой последовательности.

Схема существенно отличается от схемы прямой и обратной последовательности, т.к. токи нулевой последовательности протекают по путям, отличным от путей протекания токов при трехфазном к.з. Токи нулевой последовательности, протекая от места к.з., могут иметь возврат к месту к.з. только через землю и параллельные ей цепи (троссы линий, оболочка кабелей, нулевые провода). Поэтому, приступая к составлению схемы, прежде всего необходимо установить возможные контуры протекания тока нулевой последовательности. Для образования таких контуров необходимо чтобы в цепи, электрически связанной с точкой к.з., имелись заземленные нейтрали элемента (генератора, трансформатора). Составление схемы следует начинать от точки к.з. Вид этой схемы зависит от количества трансформаторов и схемы соединений их обмоток.

5 Контрольные вопросы для формулировки вывода

5.1 Индивидуальные задания

6

Список литературы

6.1 Киреева Э.А. Релейная защита электроэнергетических систем.- М.:Академия,2017,- 283 с.

Лабораторное занятие № 1

1 Тема: расчет уставок максимальной токовой защиты

2 Цель: изучить принцип расчета уставок максимальной токовой защиты

3 Оснащение: методические рекомендации.

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Расчет уставок ступенчатых токовых защит рекомендуется начинать с наиболее чувствительной ступени, т.е. МТЗ. Ток срабатывания МТЗ выбирается в амперах (первичных) по трем условиям:- несрабатывания защиты 2РЗ при сверхтоках послеаварийных перегрузок, т.е. после отключения короткого замыкания на предыдущем элементе (рис. 1-3);

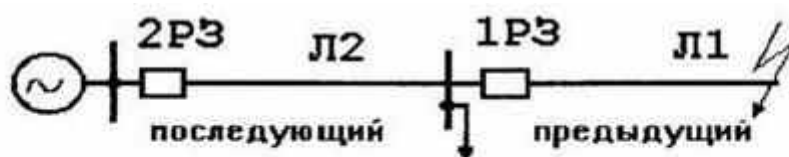


Рис.1-3. Расчётная схема для выбора уставок релейной защиты (РЗ)

- согласования чувствительности защит последующего и предыдущего элементов (Л2 и Л1 на рис.1-3);- обеспечения достаточной чувствительности при КЗ в конце защищаемого элемента (основная зона) и в конце каждого из предыдущих элементов (зоны дальнего резервирования) По первому из этих условий ток срабатывания МТЗ на Л12 выбирается по выражению:

$$I_{с.з} = \frac{k_n \cdot k_{сзп}}{k} \cdot I_{раб.макс}, \quad (1-1)$$

где k_n - коэффициент надежности несрабатывания защиты; k_b - коэффициент возврата максимальных реле тока; $k_{сзп}$ - коэффициент самозапуска нагрузки, отражающий увеличение рабочего тока $I_{раб.макс}$ за счет одновременного пуска всех тех электродвигателей, которые затормозились при снижении напряжения во время короткого замыкания. При отсутствии в составе нагрузки электродвигателей напряжением 6 кВ и 10 кВ и при времени срабатывания МТЗ более 0,3 с можно принимать значения $k_{сзп} \Rightarrow 1,1 - 1,3$. Значения коэффициентов k_n и k_b для цифровых реле соответственно 1,1 и 0,96. При использовании электромеханических реле типа РТВ принимается $k_n = 1,3$, а $k_b = 0,65$, типа РТ-80 или РТ-40 - соответственно 1,2 и 0,8. Для статических реле типа РСТ-11,13 $k_n = 1,15$ и $k_b = 0,90$.

Максимальные значения коэффициента самозапуска при значительной доле электродвигательной (моторной) нагрузки определяются расчетом для конкретных условий, но обязательно при наиболее тяжелом условии пуска

полностью заторможенных электродвигателей.

Максимальное значение рабочего тока защищаемого элемента

$I_{\text{раб.макс}}$ определяется с учетом его максимально допустимой перегрузки.

Например, для трансформаторов 10 и 6 кВ мощностью до 630 кВ-А в России

допускается длительная перегрузка до 1,6 - 1,8 номинального тока, для трансформаторов двухтрансформаторных подстанций 110 кВ до 1,4 - 1,6 номинального тока. Для некоторых элементов перегрузка вообще не допускается (кабели напряжением выше 10 кВ, реакторы). Значения допустимых максимальных нагрузок определяют диспетчерские службы.

По условию согласования чувствительности защит последующего (защищаемого) и предыдущих элементов ток срабатывания последующей защиты выбирается по выражению:

$$I_{\text{с.з.посл}} \geq \frac{k_{\text{н.с}}}{k_{\text{р}}} \left[\sum_1^n I_{\text{с.з.пред.макс}(n)} + \sum_1^{N-n} I_{\text{раб.макс}(N-n)} \right], \quad (1-2)$$

где $k_{\text{н.с}}$ - коэффициент надежности согласования, значения которого зависят от типа токовых реле и принимаются в пределах от 1,1 при согласовании защит с реле типа РТ-40, РСТ, СПАС и т.п. до 1,3 - 1,4 при согласовании защит с реле прямого действия типа РТВ; $k_{\text{р}}$ - коэффициент токораспределения, который учитывается только при наличии нескольких источников питания, а при одном источнике питания равен 1;

$\sum_1^n I_{\text{с.з.пред.макс}(n)}$ наибольшая из геометрических сумм токов срабатывания максимальных токовых защит параллельно работающих предыдущих элементов n (рис. 1-4); при разнице между углами фазового сдвига напряжения и тока для всех предыдущих элементов n не более 50 градусов допустимо арифметическое

сложение вместо геометрического; $\sum_1^{N-n} I_{\text{раб.макс}(N-n)}$ - геометрическая сумма максимальных значений рабочих токов всех предыдущих элементов (N), за исключением тех, с защитами которых производится согласование (n); при примерно однородной нагрузке допустимо арифметическое сложение вместо геометрического, что создает некоторый расчетный запас.

5 Контрольные вопросы для формулировки вывода

5.1 Принцип действия и селективность МТЗ

5.2 Выбор тока срабатывания

5.3 Выбор выдержки времени

5.4 Схемы МТЗ

6 Список литературы

6.1 Киреева Э.А. Релейная защита электроэнергетических систем.- М.: Академия, 2017,- 283 с

Лабораторное занятие № 2

- 1.Тема:определение токов срабатывания направленных МТЗ
- 2.Цель :изучить определение токов срабатывания направленных МТЗ
- 3.Оснащение: методические указания

4.Порядок выполнения работы

4.1Краткие теоретические сведения

Токовые защиты подразделяются на токовые отсечки (ТО) и максимальные токовые защиты (МТЗ). МТЗ и ТО являются наиболее простыми и часто используемыми в электрических сетях среднего и высокого напряжения.

Принцип действия токовых защит (ТЗ) основан на отключении участка сети, в котором величина тока превышает заданное значение (уставка срабатывания по току).

Селективная работа МТЗ обеспечивается отстройкой ступеней защиты по времени. Для тупиковых линий, как правило, линии до 10 кВ, МТЗ и ТО выполняют функцию основной защиты. В сетях с более сложной конфигурацией ТЗ являются лишь резервными.

Это объясняется сложностью обеспечения селективной работы МТЗ для участков с двухсторонним питанием. В этом случае применяют более сложные направленные защиты.

Работа МТЗ характеризуется двумя параметрами: током и временем срабатывания. При определении тока срабатывания защиты $I_{сз}$, исходным критерием является отстройка от тока нагрузки, а также от возможных кратковременных скачков тока нагрузки, вызванных переходными процессами в сети. При расчетах уставок срабатывания МТЗ необходимо соблюсти два условия:

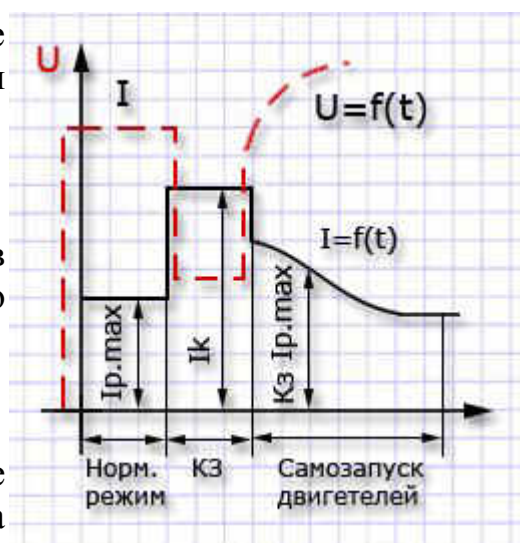
1) Защита не должна приходить в действие при токах нагрузки, для чего ток $I_{сз}$ должен превосходить ток нагрузки:

$$I_{сз} > I_{н.макс};$$

2) Защита должна надежно возвращаться в исходное состояние после запуска, для чего должно быть выполнено условие:

$$I_{воз} > k_{зк} I_{н.макс};$$

где $I_{воз}$ – ток возврата реле в исходное состояние. $I_{воз}$ должен быть больше тока нагрузки в первые моменты времени, после срабатывания защиты; его увеличение после срабатывания объясняется самозапуском двигателей;



k_z – коэффициент запуска. Определяется как отношение пускового тока всех двигателей, оставшихся в работе после аварийного отключения, к максимальному рабочему;

k_n - коэффициент надежности. Учитывает погрешность тока возврата реле и принимается равным 1,1–1,2;

Отношение тока возврата $I_{воз}$ к току срабатывания защиты $I_{сз}$ есть коэффициент возврата $k_{воз}$.

Окончательно ток срабатывания МТЗ определяется из условия:

$$I_{сз} > (k_z k_n I_{н.макс}) / k_{воз};$$

5 Контрольные вопросы для формулировки вывода

5.1 Индивидуальные задания

6 Список литературы

6.1 Киреева Э.А. Релейная защита электроэнергетических систем.- М.: Академия, 2017, - 283 с.

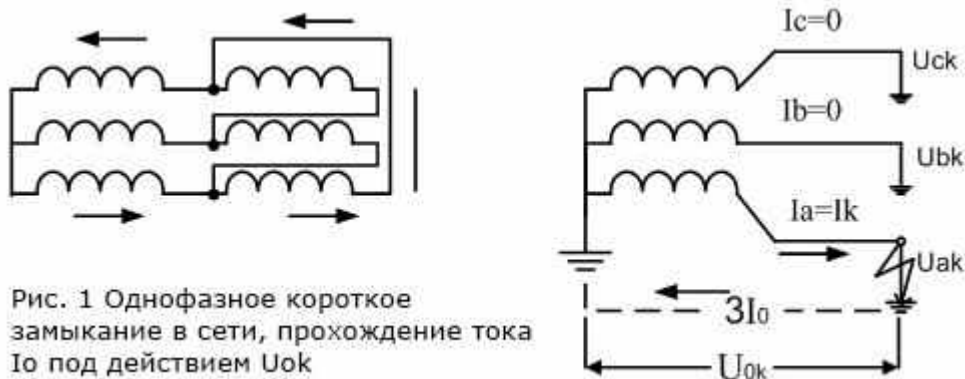
Лабораторное занятие №3

- 1.Тема: изучение токовых направленных защит нулевой последовательности
- 2.Цель: изучить токовые направленные защиты нулевой последовательности
- 3.Оснащение: методические указания

4.Порядок выполнения работы

4.1Краткие теоретические сведения

Однофазные повреждения в электрических сетях являются наиболее распространенными, для их устранения применяют специальные защиты, реагирующие на токи нулевой последовательности, возникающие в сети при несимметричных коротких замыканиях (КЗ).К таким защитам относятся максимальные токовые защиты нулевой последовательности, отсечки нулевой последовательности, направленные защиты нулевой последовательности. Для удобства будем применять сокращенное название ТЗНП (токовая защита нулевой последовательности).



Чтобы понять принцип действия защиты необходимо вспомнить, что такое токи и напряжения нулевой последовательности (н.п.) и откуда они берутся. Для любой симметричной цепи справедливо равенство:

$$I_0 = 1/3(\bar{I}_a + \bar{I}_b + \bar{I}_c);$$
$$U_0 = 1/3(\bar{U}_a + \bar{U}_b + \bar{U}_c);$$

Геометрическая сумма токов и напряжений нулевой последовательности равна нулю. При нарушении симметрии, например замыкание фазы А на землю, токи н.п. в фазах В и С будут равны нулю, а в фазе А равен $1/3$ тока КЗ:

$$I_0 = 1/3(\bar{I}_k + 0 + 0), \quad \text{отсюда } \bar{I}_k = 3I_0;$$
$$U_0 = 1/3(0 + \bar{U}_{bk} + \bar{U}_{ck});$$

То есть, при однофазном замыкании, ток нулевой последовательности равен одной трети тока КЗ. в данной точке, а напряжение нулевой последовательности равно одной трети суммы напряжений неповрежденных фаз.

Источником появления токов нулевой последовательности можно считать напряжение U_{0k} , это напряжение между нейтралью силового питающего трансформатора и точкой в которой произошло замыкание на землю.

Ток н.п. по земле притекает к нейтрали трансформатора, разветвляется по фазам и возвращается к месту КЗ. Таким образом, токи нулевой последовательности возможны только в сетях с заземленными нейтралью трансформаторов.

Сети 110 кВ работают в режиме эффективно заземленной нейтрали, то есть часть из них заземлена, а часть нет. Этим добиваются поддержание токов I_{0k} на необходимом для защиты уровне.

5 Контрольные вопросы для формулировки вывода

5.1 Индивидуальные задания

6 Список литературы

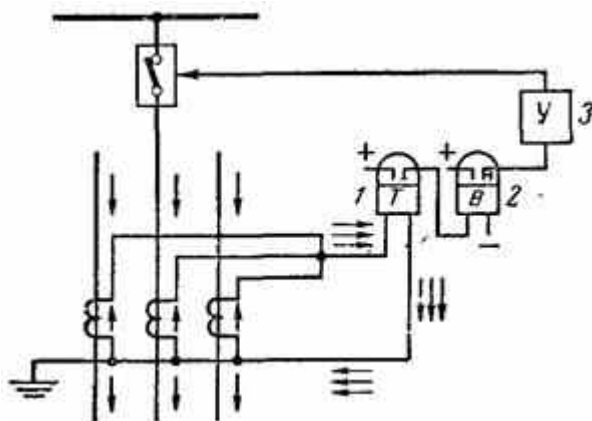
6.1 Киреева Э.А. Релейная защита электроэнергетических систем.- М.:Академия,2017,- 283 с.

Лабораторное занятие №4

- 1.Тема: схема и принцип действия МТЗ нулевой последовательности
- 2.Цель: изучить схему и принцип действия МТЗ нулевой последовательности
- 3.Оснащение: методические указания

4.Порядок выполнения работы

4.1Краткие теоретические сведения



Защита (см. рис.) состоит из пускового реле 1 и реле времени 2. Реле 1 включается на фильтр тока нулевой последовательности, в качестве которого обычно используется нулевой провод трансформаторов тока, соединенных по схеме полной звезды. Реле времени 2 создает выдержку времени, необходимую по условию селективности.

Ток в реле 1 равен сумме вторичных токов трех фаз; пренебрегая погрешностью трансформаторов тока, получаем:

$$I_p = I_a + I_b + I_c = \frac{I_A + I_B + I_C}{n_T} = \frac{3 \times I_0}{n_T}$$

Схема токовой защиты нулевой ток в пусковом реле защиты последовательности, появляется только в том случае, когда имеется ток I_0 . Поэтому защита нулевой последовательности может работать только при однофазных и двухфазных к. з. на землю.

При междуфазных к. з. (без «земли»), а также при нагрузке и качаниях защита нулевой последовательности не _ действует, поскольку в этих режимах сумма токов $I_A + I_B + I_C = 0$ и ток I_0 отсутствуют.

Важным преимуществом защиты нулевой последовательности является то, что она не реагирует на нагрузку. Благодаря этому ее не требуется отстраивать от токов нормального режима и перегрузок, что позволяет обеспечить высокую чувствительность этой защиты по сравнению с защитами, реагирующими на фазные токи.

Однако в действительности работа защиты осложняется погрешностью трансформаторов тока, обусловленной их током намагничивания.

Поэтому в режимах, когда имеет место баланс первичных токов ($I_A + I_B + I_C = 0$), сумма вторичных токов $I_a + I_b + I_c \neq 0$.

В нулевом проводе и пусковом реле защиты появляется остаточный ток, называемый током небаланса ($I_{нб}$), который может вызвать нежелательное действие защиты при отсутствии тока I_0 .

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода

5.1 Какой ток называют током небаланса?

5.2 Назовите преимущество защиты нулевой последовательности

5.3 Из чего состоит схема защиты МТЗ нулевой последовательности ?

6 Список литературы

6.1 Киреева Э.А. Релейная защита электроэнергетических систем.- М.: Академия, 2017, - 283 с

Лабораторное занятие № 5

1 Тема: изучение полной схемы защиты трансформаторов

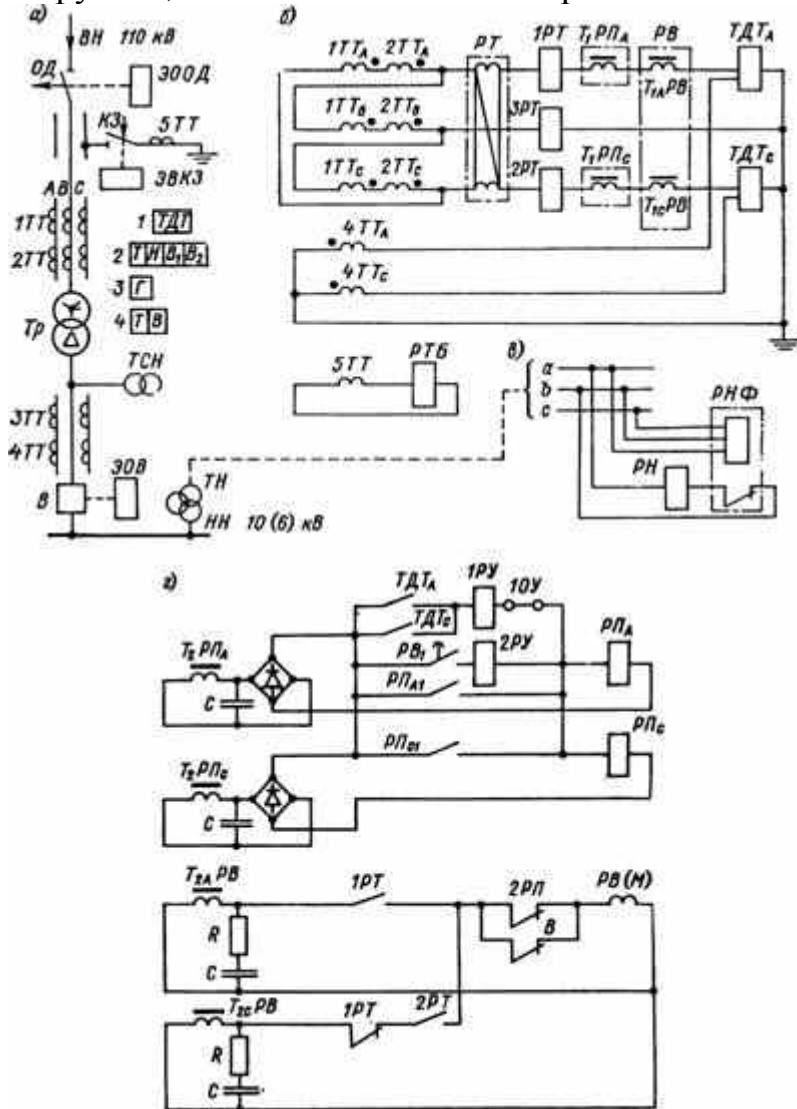
2 Цель: изучить полную схему защиты трансформаторов

3 Оснащение: методические указания

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

На рис. 10-1 приведена типовая принципиальная схема защиты и управления на переменном оперативном токе двухобмоточного трансформатора 110/10(6) кВ со схемой соединения обмоток У/Л-11 и с регулированием напряжения под нагрузкой, без выключателя на стороне ВН. Схема дается с сокращениями



На поясняющей схеме (рис. 10-1, а) показаны трансформаторы тока на стороне 110 кВ типа ТВТ-110 (встроенные во вводы трансформатора) с двумя одинаковыми сердечниками 1ТТ и 2ТТ, а также трансформаторы тока на стороне 10(6) кВ, например типа ТВЛМ, сердечниками класса Р (4ТТ — для релейной защиты) и 0,5 {3ТТ — для измерительных приборов).

Условно обозначены типы установленных защит: / — дифференциальная токовая с торможением; 2 — максимальная токовая с пуском по напряжению с двумя выдержками времени (£i — на отключение выключателя

В на стороне 10(6) кВ и Вz — на включение короткозамыкателя КЗ на стороне 110 кВ); 3 — газовая; 4 — максимальная токовая защита от перегрузки. Показаны коммутационные аппараты и их электромагниты управления.

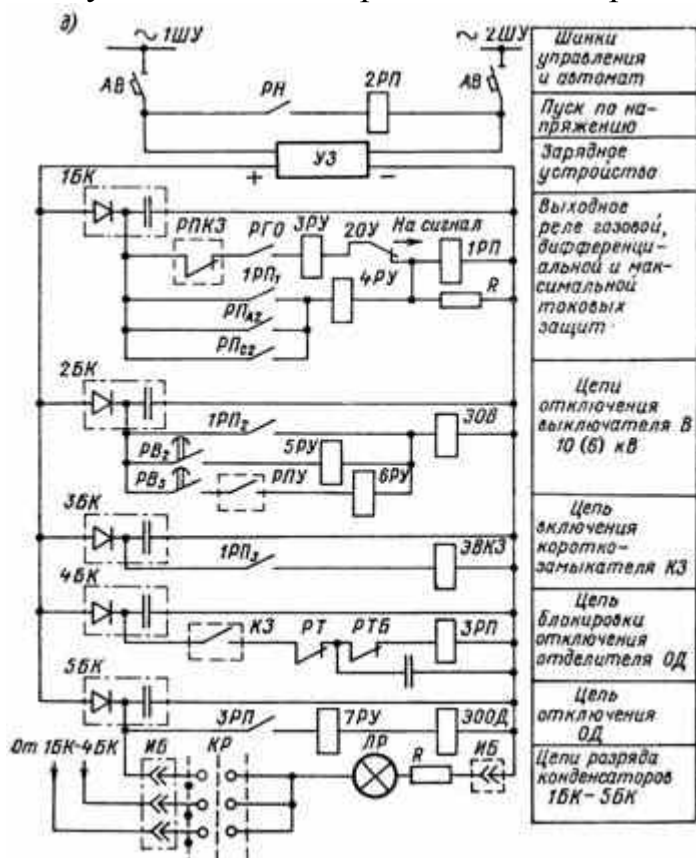


Рис. 10-1. Типовая принципиальная схема защиты и управления на переменном оперативном токе двухобмоточного трансформатора 110/10(6) кВ (схема дана с сокращениями): а — поясняющая схема; б — токовые цепи; в — цепи напряжения пускового органа напряжения; г — оперативные цепи дифференциальной и максимальной токовых защит; д — оперативные цепи управления

На рис. 10-1,б показаны трансформаторы тока и измерительные органы (токовые реле) следующих защит трансформатора: дифференциальной токовой с торможением — ТДТа и ТДТс типа ДЗТ-11 (гл. 6); максимальной токовой защиты от внешних к. з. — 1РТ и 2РТ типа РТ-40 (гл. 8) ; максимальной токовой защиты от перегрузки, действующей на сигнал — реле ЗРТ типа РТ-40.

В токовые цепи защиты включено также специальное трехфазное реле тока Я Г типа РТ-40/Р-5, контакты которого используются в цепи блокировки отключения отделителя ОД (рис. 10-1, д).

На рис. 10-1, в показан пусковой орган напряжения, принцип действия которого рассмотрен в § 8-5. Он включен на шинки переменного напряжения, питающиеся от ТН 10(6) кВ. Номинальное напряжение на шинках 100 В.

На рис. 10-1, г показаны оперативные цепи дифференциальной токовой и максимальной токовой защит. Источником оперативного тока для промежуточных реле РПА и РПС (типа РП-321), а также реле времени РВ (РВМ-12) служат трансформаторы тока 1ТТ и 2ТТ (рис. 10-1,б). Во вторичные токовые

цепи этих трансформаторов тока включены первичные обмотки промежуточных насыщающихся трансформаторов тока Т{РПа и Т\РПС. Их вторичные обмотки Т2РПа и Т2РПС через выпрямительные мосты питают обмотки реле РПа и РПС при условии, что срабатывают и замыкают свои контакты реле ТДТа или ТДТС (дифференциальная защита) или РВ\ (реле времени максимальной защиты). В это же время по первичным обмоткам ТхРПК и Т\РПС или одного из них должен проходить вторичный ток к. з. После срабатывания реле РП замыкаются все его замыкающие контакты, в том числе РПа1у РПСи которые осуществляют самоудерживание реле. Это сделано для обеспечения надежного и достаточно длительного замкнутого состояния контактов реле РП-321, находящихся в цепях отключения (РПа2 и РПС2 на рис. 10-1, (9). Реле РП-321 отличается отсутствием мощных контактов, дешунтирующих ЭО и ЭВ [19].

Реле времени имеет в схеме три контакта:

РВ\ — замыкающий, который замыкает цепь РПа и РПС, что приводит к включению короткозамыкателя КЗ (рис. 10-1, д);

РВ2 — импульсный, с меньшей выдержкой времени, чем РВи замыкающий цепь отключения выключателя В 10(6) кВ (рис. 10-1, д);

РВз — импульсный, замыкающий с выдержкой времени около 0,5 с ту же цепь в момент включения выключателя вручную или от автоматики (АПВ); эта цепь, называемая цепью «ускорения защиты после АПВ», создается на небольшой период, около 1 с, замыканием контакта РПУ и служит для ускорения отключения устойчивого к.з. на стороне 10(6) кВ (рис. 10-1, д).

Моторчик реле времени РВ(М) может начать работать при двух одновременных условиях: прохождении тока к. з. по двум или одной из первичных обмоток промежуточных трансформаторов тока ТщРВ или Т1СРВ и замыкание цепи его обмотки. Последнее осуществляется замыкающими контактами токовых реле максимальной защиты 1РТ или 2РТ, а также размыкающими контактами реле 2РП и В (рис. 10-1, г). Реле-повторитель пускового органа напряжения 2РП в нормальном режиме находится под напряжением через замыкающий контакт реле РН (рис. 10-1, д). Размыкающий контакт 2РП в цепи РВ(М) при этом разомкнут. При к.з. срабатывает пусковой орган напряжения, замкнутый контакт РН размыкается, 2РП теряет питание, после чего контакт 2РП в цепи РВ(М) замыкается, осуществляя пуск максимальной токовой защиты по напряжению (§ 8-5). На рис. 10-1 контакты реле 2РП, как и всех других реле, показаны в положении «на складе», т. е. без напряжения и тока.

5 Контрольные вопросы для формулировки вывода

5.1 Основные виды повреждений и аномальных режимов работы трансформаторов

5.2 Токи небаланса в дифференциальной защите трансформаторов

5.3 Как защитить силовой трансформатор от внешних к.з?

6 Список литературы

6.1 Киреева Э.А. Релейная защита электроэнергетических систем.- М.: Академия, 2017,- 283 с.

Лабораторное занятие №6

1.Тема: защита сборных шин. Виды повреждений на шинах

2.Цель:изучить основные виды повреждений на сборных шинах

3 Оснащение: методические указания

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

Специальные защиты шин предназначены для отключения без выдержки времени повреждений, возникающих на сборных шинах. На шинах могут возникать такие же повреждения, как и на линиях: однофазные и многофазные КЗ в сетях с заземленной нейтралью, многофазные в сетях с изолированной нейтралью. Но КЗ на сборных шинах происходят значительно реже, чем на линии. Последствия от КЗ на сборных шинах являются более серьезными с точки зрения безопасности обслуживающего персонала, устойчивости работы энергосистемы и повреждений в точке короткого замыкания.

Повреждения на шинах могут быть отключены без специальной защиты или резервными защитами линий, установленными на соседних подстанциях.

Отключение происходит выдержкой времени резервной защиты, а не мгновенно, как при наличии специальной защиты шин. Замедление отключения приводит к увеличению размеров повреждения в месте КЗ, а в кольцевых сетях может вызвать нарушение устойчивости параллельной работы. Поэтому подстанции 110-500 кВ в кольцевых сетях с многосторонним питанием, как правило, оснащаются специальными защитами шин. На тупиковых подстанциях защита шин обычно не устанавливается, и повреждения, возникающие на них, отключаются резервными защитами линий на питающих подстанциях.

Специальные защиты шин позволяют также селективно отключить поврежденный участок и предотвратить нарушение энергоснабжения дополнительных подстанций. Требования, предъявляемые к защите шин, отличаются от требований к другим типам защит в некоторых существенных моментах.

Повреждения на линии часто вызываются молнией, деревьями или птицами, и обычно несколько линий подключаются к одним шинам. Поэтому для защиты шин наиболее частыми являются внешние КЗ. До тех пор пока не отключатся выключатели (50-80 мс) и не изолируют неисправность, сквозной ток будет вызывать насыщение одного и более трансформаторов тока.

Основная трудность защиты шин заключается в обеспечении селективности при больших токах КЗ, обуславливающих существенные погрешности трансформаторов тока в сочетании с требованием высокой чувствительности в минимальных режимах КЗ при небольших токах.

К специальным защитами шин предъявляются следующие требования: устойчивость при внешних КЗ; абсолютная селективность при КЗ в зоне; действие при наличии КЗ в зоне; быстрое отключение при высокой чувствительности; взаимодействие с другим оборудованием на станции, таким, как системы управления и контроля.

ВИДЫ ПОВРЕЖДЕНИЙ НА ШИНАХ И ОСНОВНЫЕ СПОСОБЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАЩИТЫ ШИН

На шинах станций и подстанций могут быть следующие основные виды повреждений: трехфазные КЗ - замыкания между тремя фазами, трехфазные замыкания на землю и тройные замыкания на землю, при которых одно или два места повреждения могут быть вне шин; двухфазные КЗ - замыкания между двумя фазами, двухфазные замыкания на землю и двойные замыкания на землю, причем одно из мест повреждений может находиться вне шин; однофазные замыкания на землю; обрыв фаз, в том числе с замыканием на землю.

К основным причинам замыканий на шинах относятся: ошибочные действия эксплуатационного персонала с шинными разъединителями, перекрытия втулок выключателей из-за дефектов конструкции, перекрытие изоляторов при грозах, загрязнении и гололеде, поломка изоляторов разъединителей и др.

Наиболее опасными повреждениями на шинах считаются КЗ, которые могут привести к частичному или полному разрушению шин и подключенного к ним оборудования из-за термического и электродинамического воздействия больших токов КЗ, сопровождающихся электрической дугой.

К серьезным последствиям КЗ на шинах распределительных устройств (РУ) станций и подстанций относятся:

значительное понижение напряжения в энергосистеме, что может привести к нарушению нормальной жизнедеятельности городов и других населенных пунктов, нарушению технологических процессов на предприятиях и т.п.;

повреждение и выход из строя дорогостоящего оборудования, например трансформаторов и генераторов в неповрежденной части энергосистемы; потеря устойчивости системы, при этом возможны частичное или полное отключение электрических станций, подстанций, ЛЭП, значительный недоотпуск электроэнергии потребителям.

Для предотвращения (или уменьшения) этих последствий необходимо отключать КЗ на шинах РУ за минимальное время с помощью соответствующих устройств защиты.

По данным эксплуатации, основными причинами аварийных отключений (погашений) одной из систем или секций шин РУ являются:

отказы выключателей при отключении КЗ на присоединениях;

неполнофазные отключения воздушных выключателей при КЗ на присоединениях; КЗ на шинах или на участках ошиновки присоединений с отказавшими выключателями;

ошибочные действия эксплуатационного персонала;

неправильная работа РЗА.

Полное отключение систем шин может быть вызвано:

КЗ на одной из систем шин при наличии временной «жесткой» связи между системами;

обесточением одной системы при отключенной другой, например в связи с ремонтом;

КЗ на шинах и присоединениях с перебросом дуги на обе системы или отказами

выключателей;

отказами шиносоединительных выключателей (LL1CB) при КЗ на одной системе; КЗ в «мертвой зоне», например на ошиновке между комплектом ТТ ШСВ и ШСВ; обесточением систем шин из-за отключения источников питания; неправильной работой РЗА, в том числе и защит шин.

Как отмечалось, защита шик станций и подстанций может осуществляться двумя основными способами:

1) с помощью основных или резервных защит присоединений защищаемых систем шин, например токовыми или дистанционными защитами линий. При этом обеспечивается относительная селективность отключения КЗ на шинах и поврежденные шины отключаются с выдержкой времени,

2) с помощью специальных быстродействующих защит абсолютной или относительной селективности, обеспечивающих отключение поврежденной секции или системы шин с минимальной возможной выдержкой времени.

В качестве специальных защит шин применяются токовые, с блокировкой от реле направления мощности, дистанционные, дифференциальные токовые, дифференциальные токовые с торможением и дифференциально-фазные защиты. Токовая защита шин осуществляется с помощью установленной на питающих элементах максимальной токовой защиты и отдельной ступенчатой защиты на секционном выключателе (СВ). При КЗ на шинах сначала отключается СВ, затем, с некоторой выдержкой времени, выключатель питающего элемента, включенного на поврежденную секцию шин.

Для повышения быстродействия токовая защита шин дополняется блокировкой от реле, установленных на питаемых от шип элементах. В качестве блокирующих используются максимальные реле тока или реле направления мощности.

Недостатками токовых защит являются; возможность ложных срабатываний при внешних КЗ; некоторое замедление для блокировки при внешних КЗ; требование отстройки от токов нагрузки; объединение оперативных цепей всех элементов. Наиболее эффективным для защит шин является дифференциальный принцип, который позволяет выполнять защиты с абсолютной селективностью, обеспечивающей отключение поврежденных систем шин без замедления, без согласования с другими смежными защитами.

Основные положения по выполнению дифференциальных защит шин. В зону действия защит шин обычно входят собственно ошиновка, выключатели, шинные разъединители, ТН, разрядники и другие элементы, подключенные непосредственно к секциям или системам шин. Защиты шин должны реагировать:

в сетях с глухозаземленной нейтралью на все виды КЗ между фазами, однофазные и многофазные КЗ на землю;

в сетях с изолированной или компенсированной нейтралью на все виды КЗ между фазами, двойные КЗ на землю и двухфазные КЗ на землю в одной точке.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода

5.1 Индивидуальные задания

6 Список литературы

6.1 Киреева Э.А. Релейная защита электроэнергетических систем.-М.:Академия,2017,- 283 с

Лабораторное занятие №7

1 Тема: расчет трехступенчатой токовой защиты от многофазных к.з. в сети с односторонним питанием

2 Цель: изучить расчет трехступенчатой токовой защиты от многофазных к.з. в сети с односторонним питанием

3 Оснащение: методические указания

4 Порядок выполнения работы

4.1 Краткие теоретические сведения

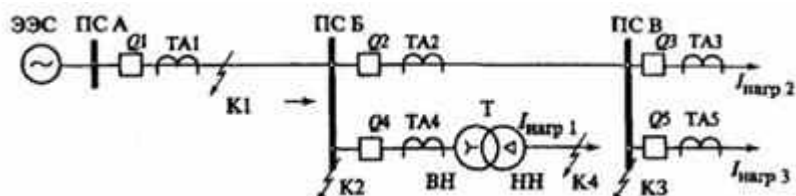
Задание

Для сети по рис. 4.1а:

1) определить параметры срабатывания и оценить чувствительность ступеней трехступенчатой токовой защиты 1 от междуфазных КЗ;

2) разработать разнесенные схемы защиты 1 на постоянном оперативном токе.

В расчетах принять $k_{отс} = 1,2$; $k_{в} = 0,9$; $k_{з} = 1,5$ и $\Delta t = 0,5$ с.



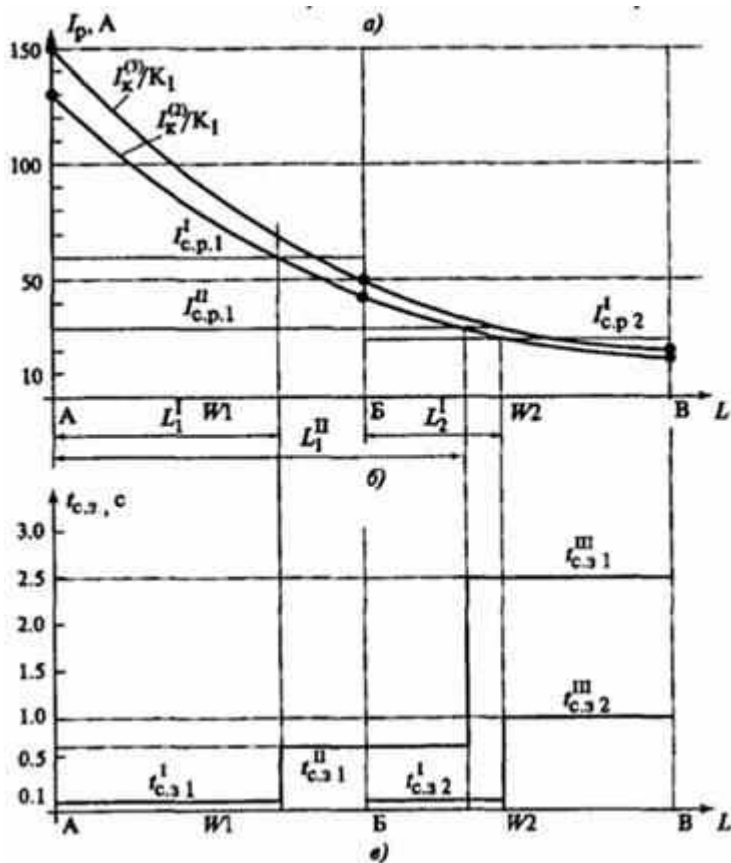


Рис. 4.1. Выбор параметров срабатывания первой и второй ступеней токовой защиты сети: а) - схема сети; б) - зависимость $I_p = f(l)$; в) - зависимость $t_{c.z} = f(l)$;

Методические указания

К п. 1). Токовые защиты от многофазных КЗ со ступенчатыми характеристиками реализуются, как правило, по схеме неполной звезды. На участке 1 предусмотреть установку трехступенчатой, а на участке 2 - двухступенчатой защиты. Расчет параметров ступенчатой защиты сводится к определению тока срабатывания, выдержки времени и оценке защитоспособности каждой из ее ступеней. При этом необходимо осуществить расчет защит 1 и 2, т. к. параметры защиты 2 необходимы для расчета параметров защиты 1.

Первая ступень - токовая отсечка без выдержки времени - реализуется с помощью двух реле тока. Ток срабатывания реле первой ступени $I_{c.p}^I$ выбирается, исходя из условия обеспечения несрабатывания при внешних КЗ, и поэтому должен быть больше максимально возможного тока в защите в указанных условиях

$$I_{c.p}^I = \frac{I_{c.z}^I k_{cх}^{(3)}}{K_I} = \frac{k_{отс}^I k_{cх}^{(3)}}{K_I} I_{к.вн\ max}^{(3)}, \quad (4.1)$$

где $I_{сз}^I = k_{отс}^I * I_{к.вн.мах}^{(3)}$ - первичный ток срабатывания первой ступени защиты; $k_{отс}^I = 1,2-1,3$ - коэффициент отстройки, учитывающий неточность расчета тока КЗ, погрешности ТА и реле тока, а также влияние апериодической слагающей в токе $I_{к}^{(3)}$; $k_{сх}^{(3)} = 1$ - коэффициент схемы неполной звезды; K_I - коэффициент трансформации ТА; $I_{к.вн.мах}^{(3)}$ - максимальный ток в защите при трехфазных КЗ в начале смежных участков. Коэффициенты трансформации K_I ТА1 и ТА2 выбираются, исходя из соответствующих максимальных рабочих токов $I_{раб.мах1}$ и $I_{раб.мах2}$ и шкалы их номинальных первичных токов, приведенных в табл. 3.2. Номинальный вторичный ток ТА1 и ТА2 равен 5 А. Для определения зоны l^I , защищаемой первой ступенью защиты, следует построить на основании данных табл. 4.1 график зависимости токов в реле при трехфазных и двухфазных КЗ в функции расстояния l , т.е.

$$I_p = \frac{I_{к}^{(3)} k_{сх}^{(3)}}{K_I} = f(l)$$

$$I_{к}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} I_{к}^{(3)}$$

с учетом того, что в месте КЗ

Зона l^I определяется в долях от длины защищаемой линии. Рассчитанную ступень целесообразно использовать, если ее зона $l^I > 0$, хотя бы при трехфазных КЗ.

Эффективность действия I ступени оценивается также коэффициентом чувствительности k^I при повреждениях в начале защищаемого участка. Время срабатывания первой ступени 0,1с. Это замедление необходимо для отстройки от искусственных кратковременных КЗ, создаваемых трубчатými разрядниками, устанавливаемыми в сетях с $U_{ном} \leq 35-110$ кВ.

5. Контрольные вопросы для формулировки вывода

5.1 Индивидуальные задания

6 Список литературы

6.1 Киреева Э.А. Релейная защита электроэнергетических систем.- М.: Академия, 2017,- 283 с

