

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Методические рекомендации для
самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

Б1.В.ДВ.01.02 Проектирование релейных схем

Направление подготовки (специальность) 35.04.06 – Агроинженерия

**Профиль образовательной программы «Электротехнологии и электрооборудование в
сельском хозяйстве»**

Форма обучения заочная

СОДЕРЖАНИЕ

1. Организация самостоятельной работы.....	3
2. Методические рекомендации по самостоятельному изучению вопросов.....	4
3. Методические рекомендации по подготовке к занятиям.....	10
3.1 Практическое занятие № ПЗ-1,2 Основные этапы проектирования релейной защиты, автоматики и телемеханики как комплексной системы управления электроэнергетическими объектами.....	10
3.2 Практическое занятие № ПЗ-3,4 Поперечная дифференциальная токовая защита. Дистанционная защита от междуфазных повреждений. Дистанционная защита линий.....	10
3.3 Практическое занятие № ПЗ-5,6 Продольная дифференциальная токовая защита с реле типов РНТ-565 и ДЗТ-11. МТЗ от замыканий на землю. Продольная дифференциальная токовая защита с реле типа ДЗТ-21. Максимальная токовая защита с комбинированным пуском по напряжению генераторов, работающих на сборные шины. Основные защиты блока, не требующие специального расчета уставок. Резервные защиты блока.....	10
3.4 Практическое занятие № ПЗ-7 Методы обеспечения требуемых показателей технического совершенства и надежности функционирования релейной защиты и автоматики», «схемы вторичных цепей». Общие положения. Условные обозначения проектных функциональных групп и кабельных линий. Оперативные пункты управления (ОПУ). Общая часть. ОПУ на ТЭС. ОПУ на ГЭС. ОПУ на АЭС. ОПУ на подстанциях. Схемы распределения.....	10

1. ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

1.1. Организационно-методические данные дисциплины

№ п.п.	Наименование темы	Общий объем часов по видам самостоятельной работы (из табл. 5.1 РПД)				
		подготовка курсового проекта (работы)	подготовка реферата/эссе	индивидуальные домашние задания (ИДЗ)	самостоятельное изучение вопросов (СИБ)	подготовка к занятиям (ПкЗ)
1	2	3	4	5	6	7
1	Основные этапы проектирования релейной защиты, автоматики и телемеханики как комплексной системы управления электроэнергетическими объектами				9	5
2	Поперечная дифференциальная токовая защита. Дистанционная защита от междуфазных повреждений .Дистанционная защита линий				9	5
3	Продольная дифференциальная токовая защита с реле типов РНТ-565 и ДЗТ-11. МТЗ от замыканий на землю. Продольная дифференциальная токовая защита с реле типа ДЗТ-21.Максимальная токовая защита с комбинированным пуском по напряжению генераторов, работающих на сборные шины. Основные защиты блока не требующие специального расчета уставок. Резервные защиты блока.				8	5
4	Методы обеспечения требуемых показателей технического совершенства и надежности функционирования релейной защиты и автоматики», «схемы вторичных цепей» Общие положения. Условные обозначения Проектных функциональных групп и кабельных линий. Оперативные пункты управления (ОПУ). Общая часть. ОПУ на ТЭС. ОПУ на ГЭС. ОПУ на АЭС. ОПУ на подстанциях. Схемы распределения.				8	5

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОМУ ИЗУЧЕНИЮ ВОПРОСОВ

2.1 Этапы проектирования релейной защиты, автоматики и телемеханики как комплексной системы управления электроэнергетическими объектами.

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на следующие особенности.

Проектируемые УРЗА должны обеспечить:

1. Отключение КЗ с такой быстротой, чтобы местное повреждение не перешло в системную аварию с нарушением устойчивости, не вызвало бы сброса нагрузки потребителей в неповрежденных частях системы и не приводило бы к большим размерам повреждения вследствие длительного воздействия токов КЗ.

2. Избирательное (селективное) отключение места КЗ – при повреждении должен отключиться только поврежденный элемент системы, оборудованный коммутационными аппаратами, позволяющими достигнуть автоматического отсоединения.

3. Чувствительность к нарушениям, т.е. реагирование на возможно малое отклонение от нормального режима работы с тем, чтобы восстановить в энергосистеме возможно быстрее нормальный режим работы и ограничить размеры повреждения.

4. Надежность работы, т.е. безотказность и правильность работы устройств, как при нарушениях, так и при нормальных и перегрузочных режимах.

5. Максимальную экономичность работы оборудования, т.е. полное использование мощности, выработанной генераторами электростанций, и полное использование перегрузочных возможностей транзитных связей, недопущение нарушения режима статической устойчивости.

Задачи УРЗА

Надежность

Чувствительность

Селективность

(избирательность)

Быстродействие

Экономичность сооружения

Экономичность оборудования

Простота

Степень автоматизации

6. Экономичность сооружения – применение менее мощных и более дешевых коммутационных аппаратов и достижение требуемой степени надежности электроснабжения без усложнения схем коммутации и сооружения дополнительных источников питания.

7. Простоту эксплуатации как в отношении повседневного обслуживания УРЗА, так и в отношении их наладки и выбора уставок и характеристик.

8. Рациональную степень автоматизации процесса выработки и распределения электрической энергии, в частности, АРВ генераторов и напряжения энергосистемы, автоматическое регулирование частоты и мощности, автоматизацию включения синхронных генераторов и компенсаторов, автоматизацию пуска и останова гидрогенераторов и автоматическое восстановление энергосистемы, если после отключения элемента причина, вызвавшая нарушение, устранилась.

9. Автоматическое включение резервного оборудования и источников электроэнергии; при отсутствии резерва мощности в случае возникновения дефицита

должна производиться автоматическая частотная разгрузка с последующим включением потребителей после мобилизации резерва мощности.

10. Восстановление синхронизма параллельно работающих генераторов в случае нарушения устойчивости и недопущения длительного асинхронного хода.

11. Защиту паротурбогенераторов при их параллельной работе с гидрогенераторами в случае разгона последних.

Классификация РЗ

Основная

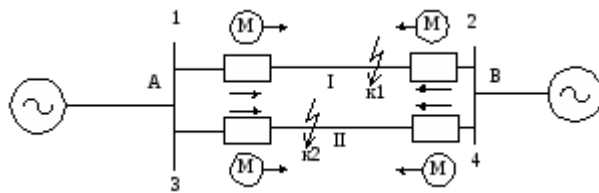
Вспомогательная

Резервная

2.2 Дистанционная защита линий

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на следующие особенности.

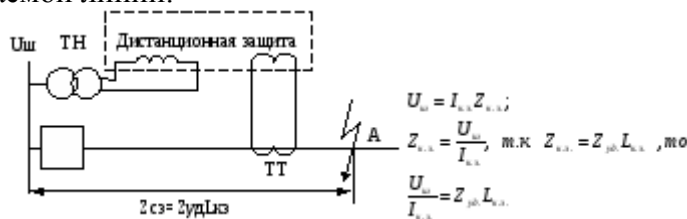
В сетях с двумя и более источниками питания МНЗ не обеспечивает селективность действия.



Так, например, в сети показанной на реле при к.з. в точке к1 на линии Iв действие придут защиты 1 и 2 поврежденной линии и 3 неповрежденной. В этом случае нужно, чтобы защита 3 имела большую выдержку, чем защита 2. В тоже время при к.з. в точке к2 необходимо, чтобы защита 2 имела большую выдержку. Выполнение этих требований в рассмотренном и других аналогичных случаях не представляется возможным.

МНЗ и МТЗ имеют также еще ряд недостатков, которые ограничивают их применения сетями с простой схемой. Для защиты сетей с более сложной схемой и несколькими источниками питания используется более сложная дистанционная защита, не имеющая указанных недостатков.

Определение удаленности до места к.з. производится дистанционной защитой путем измерения сопротивления, которое определяется сравнением остаточного напряжения на шинах где установлена защита, и величины тока к.з., проходящего по защищаемой линии.



Следовательно, отношение остаточного напряжения на шинах к току к.з., проходящему по защищаемой линии пропорционально расстоянию $L_{к.з.}$ от места установки защиты до места к.з.

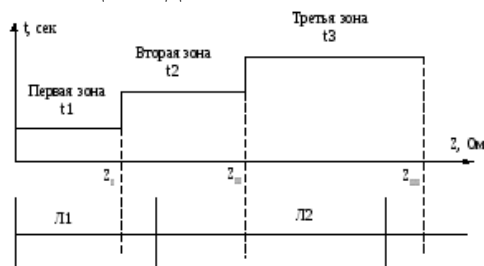


Рис. 7.7. Ступенчатая характеристика дистанционной защиты.

Основным органом дистанционной защиты является реле сопротивления, которое измеряет сопротивление линии до места к.з., определяет, на каком участке произошло к.з. и совместно с другими органами защиты обеспечивает ее действие с необходимой выдержкой времени. Реле сопротивления могут выполняться, реагирующими на полное сопротивление, реактивное, активное. В России используется только реле, реагирующее на полное сопротивление. Дистанционная защита выполняется так, чтобы их выдержка времени зависела от сопротивления, которое измеряют входящие в схему реле сопротивления. Эта зависимость называется характеристикой времени срабатывания защиты. Обычно изготавливают и используется дистанционная защита со ступенчатой выдержкой времени. Ступенчатая характеристика состоит из двух или трех участков.

При к.з. в первой зоне защита действует с выдержкой времени t_1 и реле сопротивления измеряет сопротивление от 0 до Z_{I1} т.д. Таким образом, чем больше сопротивление до места к.з., тем с большей выдержкой времени действует защита. Первая зона защиты, как правило, настроена на 80-85% длины линии (Л1). Большой охват недопустим, т.к. из-за погрешностей ТТ, самих реле сопротивлений, ТН защита может сработать при к.з. на смежном участке линии (Л2).

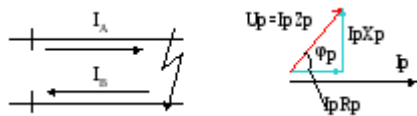
Применяются два способа получения ступенчатой характеристики:

Отдельное реле сопротивления для каждой ступени.

Для первой и второй зоны одно реле сопротивления. Для третьей зоны устанавливается отдельное реле сопротивления.

Реле сопротивления по принципу своего действия срабатывает, когда измеренное им сопротивление меньше настроенной уставки на нем. Поэтому реле сопротивления второй зоны срабатывает при к.з. в первой и второй зоне, а реле сопротивления третьей зоны при к.з. в первой, второй, третьей зонах. Однако поскольку выдержка времени второй зоны больше первой, а выдержка третьей больше второй, то всегда срабатывает ступень с меньшей выдержкой, чем и обеспечивается ступенчатость характеристики.

Для удобства расчетов и анализа работы применяющихся дистанционных органов было введено понятие сопротивление на зажимах реле. Это фиктивное, в общем случае не имеющее физического смысла, сопротивление, которое представляет собой отношение напряжения U_p или его слагающей к току I_p , используемых для действия дистанционных и пусковых органов. Широкое применение этого понятия на практике определяется тем, что при правильном выборе сочетаний U_p и I_p (остаточного напряжения петли к.з. и определяющего его тока) фиктивное сопротивление на зажимах реле оказывается пропорциональным расстоянию от шин подстанций, на которой установлена защита, до места к.з. на защищаемой линии.

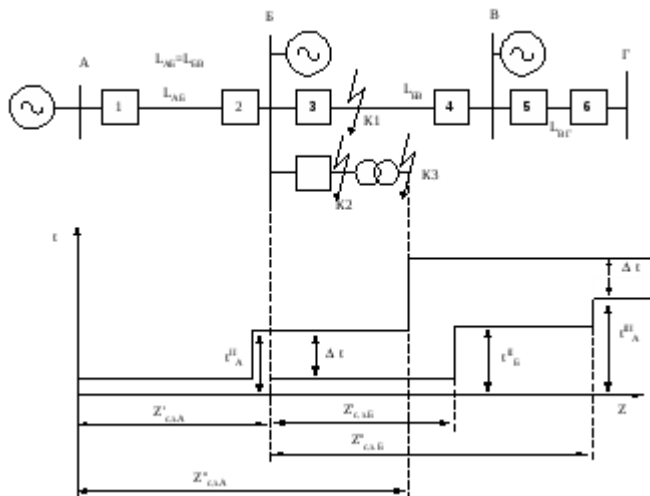


При построении векторной диаграммы различают полное фиктивное сопротивление $Z_p = \frac{U_p}{I_p}$, реактивное и активное фиктивные сопротивления. $X_p = \frac{U_p \sin \varphi_p}{I_p}$ и $R_p = \frac{U_p \cos \varphi_p}{I_p}$. Дистанционные и пусковые органы выполняются путем вторичных реле:

$$Z_{p0} = \frac{U_{p0}}{I_{p0}} = \frac{n_1}{n_2} \frac{U_{p0}}{I_{p0}} = \frac{n_1}{n_2} Z_{p0} \quad (7.2)$$

В настоящее время дистанционные защиты часто осуществляется посредством РС, используемых несколько напряжений и токов. Для таких реле понятие сопротивления на зажимах реле, строго говоря, уже не может быть применено. Однако и для этих защит выражение (7.2) используется для определения уставок по данным первичным сопротивлением защищаемых зон.

Применительно к ДЗ со ступенчатой характеристикой выдержек времени, выбору подлежат сопротивления срабатывания трех ступеней защиты $Z_{Ic.3.}$, $Z_{IIc.3.}$, $Z_{IIIc.3.}$ и выдержки времени $t_{IIITIII}$. Условия выбора рассмотрим применительно к двум участкам АБ и БВ сети:



2.3 Резервные защиты блока.

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на следующие особенности.

Основной задачей построения релейной защиты блока генератор-трансформатор электрической станции является обеспечение ее эффективного функционирования по возможности при любых видах повреждений, предотвращение развития повреждений и значительных разрушений защищаемого оборудования, в также предотвращение нарушений устойчивости в энергосистеме.

Для этого устройства релейной защиты должны обладать необходимыми для них свойствами, соответствующими известным основным требованиям: быстродействию, чувствительности, селективности и надёжности.

Для достижения требуемой эффективности функционирования защиты энергоблоков необходимо выполнение следующих условий:

основные защиты от внутренних КЗ должны обеспечивать быстрое отключение повреждений любого элемента блока. При этом не должно оставаться ни одного незащищённого (не входящего в зону действия защит) участка первичной схемы. Однако в ряде случаев приходится вынужденно допускать применение защит, не полностью охватывающих защищаемое оборудование (например, при витковых замыканиях);

резервные защиты энергоблока также должны охватывать все его элементы и должны обеспечивать ближнее и дальнее резервирование соответственно основных защит блока и защит прилегающей сети (на АЭС ближнее резервирование должно быть быстродействующим);

повреждения, не сопровождающиеся КЗ и не отражающиеся на работе энергоблока, также должны по возможности быстро отключаться, если их развитие может привести к значительным разрушениям оборудования;

аномальные режимы (например, перегрузки, потеря возбуждения и др.) должны автоматически ликвидироваться защитой, если они недопустимы для оборудования или для энергосистемы. В случаях, когда не требуется немедленная ликвидация аномального режима, допускается только сигнализация о его возникновении;

действие устройств релейной защиты должно быть увязано с технологическим;

действие устройств релейной защиты должно быть увязано с технологическими защитами и автоматикой энергоблока.

Основные требования к выполнению релейной защиты, обязательные при проектировании и в эксплуатации, устанавливают Правила устройства электроустановок,

Правила технической эксплуатации и другие директивные материалы на основе многолетнего опыта научно-исследовательских разработок, производства, проектирования и эксплуатации устройств релейной защиты.

Выбор необходимого состава системы релейной защиты блока генератор-трансформатор электрической станции, обеспечивающего полноту его защищенности

В соответствии с Правилами устройства электроустановок (ПУЭ) для защиты блоков генератор-трансформатор при мощности генератора более 10 Мвт должны быть предусмотрены устройства релейной защиты от следующих видов повреждений и аномальных режимов:

- от замыканий на землю в цепи генераторного напряжения;
- от многофазных коротких замыканий в обмотке статора генератора и на его выводах;
- от межвитковых коротких замыканий в обмотке статора генератора при наличии двух параллельных ветвей;
- от многофазных коротких замыканий в обмотках блочного трансформатора и на его выводах;
- от межвитковых коротких замыканий в обмотках блочного трансформатора;
- от внешних коротких замыканий;
- от перегрузки генератора токами обратной последовательности (при мощности генератора более 30 Мвт);
- от симметричной перегрузки генератора и трансформатора;
- от перегрузки ротора генератора током возбуждения;
- от повышения напряжения (для генераторов мощностью 100 Мвт и более);
- от замыканий на землю в одной точке обмотки возбуждения;
- от замыканий на землю во второй точке обмотки возбуждения (при мощности генераторов менее 160 Мвт);
- от перехода в асинхронный режим при потере возбуждения;
- от понижения уровня масла в баке трансформатора;
- от повреждения изоляции вводов высокого напряжения блочного трансформатора (при напряжении 500 кВ и выше).

Для защиты от различных видов повреждений и аномальных режимов блоков генератор-трансформатор при мощности генератора 160 — 1000 Мвт должны быть предусмотрены следующие устройства релейной защиты:

- продольная дифференциальная защита генератора от многофазных коротких замыканий в обмотке статора и на его выводах;
- поперечная дифференциальная защита генератора от межвитковых коротких замыканий в обмотке статора при наличии двух параллельных ветвей;
- от перехода в асинхронный режим при потере возбуждения;
- дифференциальная защита блочного трансформатора от всех видов коротких замыканий;
- дифференциальная защита ошиновки напряжением 330 — 750 кВ;
- защита от внешних симметричных коротких замыканий;
- защита от несимметричных коротких замыканий с интегральной зависимой характеристикой выдержки времени срабатывания;
- защита от повышения напряжения;
- защита от внешних однофазных коротких замыканий с большим током замыкания;
- защита от перегрузки обмотки статора;
- защита от перегрузки ротора генератора током возбуждения с интегральной зависимой характеристикой выдержки времени срабатывания;
- газовая защита блочного трансформатора;
- защита от замыканий на землю в одной точке обмотки возбуждения;
- защита от замыканий на землю в цепи генераторного напряжения;

защита от повреждения изоляции вводов высокого напряжения блочного трансформатора (при напряжении 500 кВ и выше).

2.4 ОПУ на АЭС. ОПУ на подстанциях. Схемы распределения.

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на следующие особенности

Общеподстанционные пункты управления (ОПУ) блочно-модульные устанавливаются на площадках открытых распределительных устройств (ОРУ) трансформаторных подстанций (ТП) 220/110/35 кВ и предназначены для:

защиты, автоматики и управления высоковольтного оборудования ТП, питающих и отходящих присоединений;

дистанционного контроля и управления высоковольтным оборудованием.

ОПУ БМ обеспечивает:

непрерывную круглосуточную работу инженерного оборудования в необслуживаемом режиме;

функционирование систем телемеханики, безопасности и диспетчерской связи по оптоволоконным, радио и высокочастотным линиям связи;

совместимость телемеханических протоколов передачи данных в соответствии с рекомендациями по ГОСТ Р МЭК 870-5-101, ГОСТ Р МЭК 60870-5-104.

Согласно СТО 56947007-29.240.10.028-2009 Нормы технологического проектирования подстанций (НТП ПС)

Общеподстанционные пункты управления (ОПУ) должны предусматриваться на подстанциях:

- с постоянным дежурством персонала на щите управления;
- при необходимости размещения устройств релейной защиты, автоматики, АСУ и связи;
- оборудованных аккумуляторными батареями;
- имеющих ЗРУ 35 кВ и выше.

С целью снижения затрат на кабельные связи, ОПУ следует располагать, как правило, в центре РУ разных напряжений.

С этой же целью на крупных ПС рекомендуется сооружение на ОРУ зданий для размещения панелей релейной защиты и автоматики присоединений данного ОРУ.

На ПС 35-220 кВ допускается совмещение фасадной линии ОПУ с оградой ПС, при этом на фасадной стене ОПУ не должно быть окон, а вход в ОПУ предусматривается с территории ПС.

В районах, где температура воздуха в помещениях ОПУ, релейной защиты, а также в помещениях, где возможно длительное (более 4 часов) пребывание персонала, превышает 25 °С, должно предусматриваться кондиционирование воздуха.

При использовании аппаратуры на микроэлектронной или микропроцессорной элементной базе помещения для ее размещения должны удовлетворять требованиям технических условий на применяемую аппаратуру.

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ЗАНЯТИЯМ

3.1 Практическое занятие № ПЗ-1,2 Основные этапы проектирования релейной защиты, автоматики и телемеханики как комплексной системы управления электроэнергетическими объектами

При подготовке к занятию необходимо обратить внимание на следующие моменты.

1. Особенности выполнения защит на электрических станциях и подстанциях основного оборудования.
2. Состав применяемых защит.
3. Максимальные токовые защиты от междуфазных повреждений.
4. МТЗ линий с односторонним питанием.
5. МТЗ от междуфазных повреждений.
6. Ненаправленные токовые отсечки линий с 2-х сторонним питанием.
7. Максимальная токовая защита от замыканий на землю.

3.2 Практическое занятие № ПЗ-3,4 Поперечная дифференциальная токовая защита. Дистанционная защита от междуфазных повреждений. Дистанционная защита линий

При подготовке к занятию необходимо обратить внимание на следующие моменты.

1. Дистанционная защита от междуфазных повреждений.
2. Дистанционная защита.
3. Требования к электрической прочности изоляции к МП РЗА
4. Расчет уставок блокировки при качаниях.
5. Дифференциально-фазная высокочастотная защита.
6. Расчет пусковых органов при несимметричных повреждениях.

3.3 Практическое занятие № ПЗ-5,6 Продольная дифференциальная токовая защита с реле типов РНТ-565 и ДЗТ-11. МТЗ от замыканий на землю. Продольная дифференциальная токовая защита с реле типа ДЗТ-21. Максимальная токовая защита с комбинированным пуском по напряжению генераторов, работающих на сборные шины. Основные защиты блока, не требующие специального расчета уставок. Резервные защиты блока

При подготовке к занятию необходимо обратить внимание на следующие моменты.

1. Продольная дифференциальная токовая защита с реле типа ДЗТ-20.
2. Основные характеристики защиты и реле.
3. МТЗ от замыканий на землю.
4. Дистанционная защита автотрансформаторов.
5. Максимальная токовая защита от замыканий на землю автотрансформатора.
6. Максимальная токовая защита от замыканий на землю.

3.4 Практическое занятие № ПЗ-7 Методы обеспечения требуемых показателей технического совершенства и надежности функционирования релейной защиты и автоматики», «схемы вторичных цепей». Общие положения. Условные обозначения проектных функциональных групп и кабельных линий. Оперативные пункты

управления (ОПУ). Общая часть. ОПУ на ТЭС. ОПУ на ГЭС. ОПУ на АЭС. ОПУ на подстанциях. Схемы распределения.

При подготовке к занятию необходимо обратить внимание на следующие моменты.

1. Общая часть. ОПУ на ТЭС. ОПУ на ГЭС. ОПУ на АЭС. ОПУ на подстанциях.
2. Схемы распределения оперативного тока. Схемы управления и сигнализации в электроустановках.
3. Избирательные схемы управления. Схемы аварийной и предупреждающей сигнализации.
4. Условные обозначения проектных функциональных групп и кабельных линий.
5. Обозначение вторичных цепей. Схемы вторичных цепей. Назначение вторичных цепей.
6. Токовые цепи. Цепи напряжения. Цепи оперативного тока. Источники питания оперативного тока.
7. Размещение аппаратуры вторичных устройств на панелях. Конструкции и типы панелей. Ряды зажимов на комплектных устройствах. Монтажные схемы комплектных устройств.