

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

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

Б1.В.ДВ.09.01 РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА

Направление подготовки : 35.03.06 Агроинженерия

Профиль образовательной программы: Электрооборудование и электротехнологии

Форма обучения: заочная

СОДЕРЖАНИЕ

1. Организация самостоятельной работы	3
2. Методические рекомендации по самостоятельному изучению вопросов	4
3. Методические рекомендации по подготовке к занятиям	11
3.1 Практическое занятие № ПЗ 1 Моделирование максимальной токовой защиты линии электропередачи мгновенной токовой отсечки линии электропередачи	11
3.2 Практическое занятие № ПЗ 2. Моделирование дифференциальной защиты линии электропередачи, и трансформаторов	11
3.3 Практическое занятие № ПЗ 3. Моделирование тепловой защиты электрической цепи с помощью электротеплового реле.....	11
3.4 Практическое занятие № ПЗ 4. Автоматическое повторное включение линии электропередачи, автоматическое включение резервного питания нагрузки	11

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	Общие представления о релейной защите.				12	3
2	Ненормальные режимы работы систем электроснабжения				11	
3	Принцип действия релейной защиты. Оперативный ток. Защита линий электропередачи. Защита от замыканий на землю				12	-
4	Токовые направленные защиты. Дифференциальная токовая защита. Релейная защита трансформаторов. Релейная защита электродвигателей				11	3
5	Устройства автоматизации электрических сетей. Защита и автоматика подстанций. Защита и автоматика трансформаторов				12	3
6	Защита синхронных генераторов. Автоматическая частотная разгрузка				11	-
7	Управление релейной защитой				12	3
8	Заключительная				11	-

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОМУ ИЗУЧЕНИЮ ВОПРОСОВ

2.1 Место установки и значение релейной защиты в электрификации и автоматизации сельского хозяйства.

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на следующие особенности.

В энергосистемах на электрооборудовании электростанций, в электрических сетях и на электроустановках потребителей за счет внешних (ветер, дождь, наледь) и внутренних условий (старение и разрушение изоляции, неправильные действия персонала и т.д.) могут возникнуть режимы, на которые электроустановки не рассчитаны. К ним относятся повреждение и ненормальные режимы.

Наиболее опасными являются короткие замыкания, повреждения изоляции и перегрузки. В большинстве случаев развитие аварий может быть предотвращено быстрым отключением поврежденного участка электрической установки или сети при помощи специальных автоматических устройств, действующих на отключение выключателей, и, получивших название релейная защита.

При отключении выключателей поврежденного элемента гаснет электрическая дуга в месте КЗ, прекращается протекание тока КЗ и восстанавливается нормальное напряжение на неповрежденной части электрической установки или сети. Благодаря этому минимизируются повреждения оборудования, на котором возникло КЗ, а также восстанавливается нормальная работа неповрежденного оборудования. Таким образом, основным назначением релейной защиты является выявление места возникновения КЗ и быстрое автоматическое отключение выключателей поврежденного оборудования или участка сети от остальной неповрежденной части электрической установки или сети.

Название релейная защита появилось в связи с тем, что основным составляющим ее элементом является электромеханический аппарат, названный реле. В дальнейшем этот термин был всеобщим признан и узаконен. В настоящее время термином реле обозначается широкая группа автоматических приборов и устройств, используемых в релейной защите, автоматике, телемеханике, телефонии и других отраслях техники. В релейной защите термином реле обычно обозначают автоматически действующее устройство, производящее скачкообразное изменение (так называемое релейное действие) в управляющей системе при заданном изменении контролируемых параметров. Под устройством релейной защиты подразумевается совокупность реле, приборов и вспомогательных элементов, которые при возникновении повреждений и ненормальных режимов работы оборудования должны действовать на его отключение или на сигнал.

Согласно требованиям ПУЭ, ПТЭ силовое оборудование электростанций, подстанций и электрических сетей должно быть защищено от коротких замыканий и нарушений нормальных режимов работы устройствами релейной защиты и электроавтоматики. Устройства РЗА должны быть постоянно включены, кроме устройств, которые должны выводиться из работы в соответствии с назначением и принципом действия, режимом работы энергосистемы и условиями селективности. Устройства аварийной и предупредительной сигнализации должны быть всегда готовы к действию.

2.2 Нормативные документы ПУЭ, ПЭЭП, МПОТ, СНиП, ведомственные инструкции по монтажу релейной защиты электрооборудования в с/х производстве.

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на следующие особенности.

- Правила устройства электроустановок 7 издание
- СО 153-34.20.501-2003 Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей

- РД 153-34.0-35.617-2001 Правила технического обслуживания устройств релейной защиты, электроавтоматики, дистанционного управления и сигнализации электростанций и подстанций 110-750 кВ
- РД 153-34.3-35.613-00 Правила технического обслуживания устройств релейной защиты и электроавтоматики электрических сетей 0,4-35 кВ
- РД 153-34.0-20.527-98 Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования
- СО 34.35.302-2006 Инструкция по организации и производству работ в устройствах релейной защиты и электроавтоматики электростанций и подстанций

2.3 Повреждения и ненормальные режимы работы системы электроснабжения и ее отдельных элементов.

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на следующие особенности.

Повреждения в основном ведут к коротким замыканиям, которые сопровождаются значительным увеличением тока и глубоким понижением напряжения в элементах энергосистемы. Следствиями повреждений могут быть:

1. нарушение нормальной работы большого числа потребителей электроэнергии и брак продукции в следствии сильного понижения напряжения в значительной части системы;
2. разрушение поврежденного элемента дугой, часто возникающей при к.з. в месте нарушения изоляции;
3. разрушение оборудования в неповрежденной части системы в результате теплового и динамического действия тока к.з., достигающих иногда больших значений;
4. нарушение устойчивости системы, когда ее нормальная работа может полностью парализоваться.

Ненормальные режимы обычно приводят к отклонению величин напряжения, тока и частоты от допустимых значений. При понижении частоты и напряжения создается опасность нарушения нормальной работы потребителей и устойчивости энергосистемы.

Кроме этого к **основным видам ненормальных режимов** относятся **перегрузки**. В этом случае в перегруженном элементе возникают токи, превосходящие длительно допустимые для его значения. При достаточно большом времени существования этих токов температура токовых частей недопустимо повышается, а их изоляция ускоренно изнашивается или разрушается.

Следовательно, повреждения и ненормальные режимы могут привести к возникновению в системе аварий, под которыми, обычно понимаются вынужденные нарушения нормальной работы всей системы или только ее части, сопровождающихся недоотпуском энергии потребителям, недопустимым понижением его качества, за счет чего приносится материальный ущерб в виде невыработанной продукции или разрушение основного оборудования.

В большинстве случаев аварии или их развитие могут быть ликвидированы быстрым отключением поврежденного участка электрической установки или сети при помощи специальных автоматических устройств, действующих на отключение выключателей и получивших название релейная защита.

Первоначально в качестве защитных устройств применялись плавкие предохранители. Однако по мере роста мощности и напряжения электроустановок и усложнения их схем коммутации такой способ стал недостаточным, в силу чего были созданы защитные устройства, выполненные с помощью специальных автоматов – реле. Отсюда и название – релейная защита.

Релейная защита является основным видом электрической автоматики, без которой невозможна нормальная и надежная работа современных энергетических систем.

Она осуществляет непрерывный контроль за состоянием и режимом работы всех элементов энергосистемы и реагирует на возникающие повреждения и ненормальные режимы.

Таким образом **основным назначением** релейной защиты является выявление места возникновения короткого замыкания и быстрое автоматическое отключение с помощью выключателей поврежденного оборудования или участка сети от остальной неповрежденной части электрической установки или сети.

Вторым, дополнительным назначением релейной защиты является выявление нарушений нормальных режимов работы оборудования и подача предупредительных сигналов обслуживающему персоналу или отключение оборудования с выдержкой времени.

Из вышеизложенного следует, что релейная защита – совокупность устройств и вспомогательных элементов, предназначенных в случае повреждения и опасно ненормальных условиях работы элемента системы (линии, машины, трансформатора и т.д.) отключить его воздействием на выключатель или действовать на сигнал.

В современных электрических системах релейной защиты тесно связана с электрической автоматикой, предназначенной для быстрого автоматического восстановления нормального режима и питания потребителей.

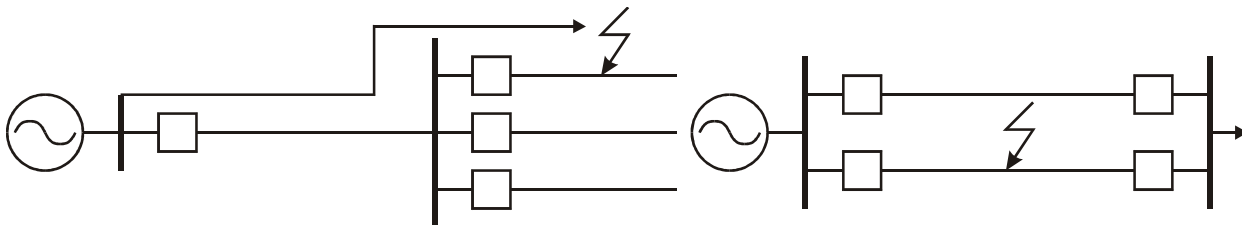
К основным устройствам такой автоматики относятся:

- автоматы повторного включения;
- автоматы включения резервных источников питания и оборудования;
- автоматы частотной разгрузки.

2.4 Требования к устройствам релейной защиты и автоматики.

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на следующие особенности.

Селективность – способность отключать только поврежденный участок сети.



Основное условие для обеспечения надёжного электроснабжения потребителей.

Быстродействие – главное условие для сохранения устойчивости параллельной работы генераторов. Уменьшается время снижения напряжения у потребителей, повышается эффективность АПВ, уменьшается ущерб для оборудования.

Таблица 1.1

Номинальное напряжение, кВ	Время действия релейной защиты, с
300...500	0,1...0,12
110...220	0,15...0,3
6...10	1,5...3

Критерий – остаточное напряжение не менее 60 % от номинального. Кроме того, нужно учитывать и время срабатывания выключателей:

$$t_{\text{откл}} = t_z + t_v,$$

где t_z – время действия защиты,

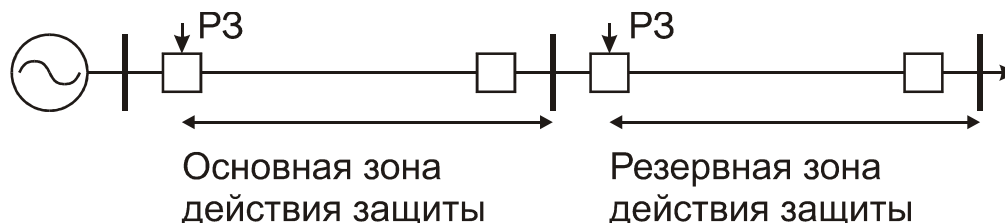
t_v – время отключения выключателя – 0,15...0,06 с.

Быстродействующей считается защита, имеющая диапазон срабатывания – 0,1...0,2 с, самые быстродействующие – 0,02...0,04 с.

В ряде случаев требование быстродействия является определяющим.

Быстродействующие защиты могут быть и *неселективными*, для исправления неселективности используется АПВ.

Чувствительность – для реагирования на отклонения от нормального режима.



Резервирование следующего участка – важное требование. Если защита по принципу своего действия не работает за пределами основной зоны, ставят специальную резервную защиту.

Чувствительность защиты должна быть такой, чтобы она действовала при КЗ в конце установленной зоны действия в минимальном режиме системы.

Чувствительность защиты характеризуется *коэффициентом чувствительности* $k_{\text{ч}}$

$$k_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{к.мин}}}{I_{\text{с.з}}},$$

где $I_{\text{к.мин}}$ – минимальный ток КЗ,

$I_{\text{с.з}}$ – ток срабатывания защиты.

Надежность. Защита должна безотказно работать при КЗ в пределах установленной для неё зоны и не должна ложно срабатывать в режимах, при которых её работа не предусматривается.

2.5 Основные органы токовых защит.

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на следующие особенности.

Элементы защиты

Пусковые органы – непосредственно и непрерывно контролируют состояние и режим работы защищаемого оборудования и реагируют на возникновение КЗ и нарушение нормального режима работы.

Это различные *реле* – автоматические устройства, срабатывающие при определенном значении воздействующей на него величины.

Логические органы – воспринимают команды пусковых органов и в зависимости от их сочетания, по заданной программе производят заранее предусмотренные операции.

Реле также подразделяются на *основные* и *вспомогательные*.

Типы основных реле:

тока;

напряжения;

сопротивления;

мощности (определяющие величину и направление (знак)).

Реле бывают *максимальными* – действующие при возрастании контролируемой величины, и *минимальными* – при снижении этой величины.

Специальные реле:

частоты;

тепловые.

Типы вспомогательных реле:

времени;

указательные (для сигнализации);

промежуточные (передающие действие основных защит на отключение выключателей).

Каждое реле конструктивно можно подразделить на две части – *воспринимающую* и *исполнительную*.

Воспринимающая часть представляет собой обмотку, питающуюся током или напряжением.

Исполнительная часть – это механическая система, воздействующая на контакты реле, заставляя их замыкаться или размыкаться.

2.6 Токовые защиты с использованием предохранителей с плавкой вставкой и автоматических выключателей.

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на следующие особенности.

Принцип действия и область применения предохранителей.

С помощью плавких предохранителей защита электроустановок осуществляется наиболее просто и дешево. При их использовании не требуется устанавливать трансформаторы тока и напряжения, реле и автоматические выключатели, необходимые при осуществлении релейной защиты.

В сетях до 1000В плавкие предохранители являются основным видом защиты. Применяются предохранители и в сетях более высоких напряжений – до 110кВ, когда они удовлетворяют требуемым параметрам и условиям эксплуатации.

Принцип работы плавких предохранителей основан на тепловом действии электрического тока, проходящего по проводнику. В нормальных условиях всё тепло, выделяемое проводником, рассеивается в окружающей среде. При увеличении же тока количество выделяемого тепла увеличится, возникнет избыток тепла, который не будет успевать отводиться в окружающую среду; температура проводника при этом будет повышаться. При значительном увеличении тока температура проводника достигает значения температуры плавления металла, из которого он выполнен. Таким образом, если в определённом месте сети сделать вставку из проводника меньшего сечения или другого материала, имеющего большее сопротивление, то при увеличении тока этот проводник, называемый плавкой вставкой, будет нагреваться сильнее, чем другие участки сети, и при достижении опасных значений тока расплавится (перегорит) и прервёт цепь тока. Очевидно, что чем больше ток, проходящий по плавкой вставке, тем быстрее она перегорит. На этом явлении и основано действие плавких предохранителей. Плавкий предохранитель состоит из плавкой вставки, патрона или конструкции, в которой закрепляется плавкая вставка, и иногда устройства, облегчающего гашение дуги.

Предохранители и плавкие вставки характеризуются следующими параметрами:

Номинальным напряжением ($U_{ном}$) предохранителя, для длительной работы при котором он предназначен;

Номинальным током плавкой вставки ($I_{ВС.ном.}$), который вставка выдерживает неограниченно долгое время;

Номинальным током предохранителя ($I_{П.ном.}$), равным наибольшему номинальному току плавкой вставки, которая может быть установлена в данный предохранитель;

Минимальным испытательным током плавкой вставки ($I_{ИСП.min.}$), при котором вставка перегорает за время более 1ч;

Максимальным испытательным током плавкой вставки ($I_{ИСП.тах.}$), при котором вставка перегорает за время менее 1ч;

Кратностью минимального испытательного тока;

Кратностью максимального испытательного тока.

Автоматические воздушные выключатели.

Автоматические выключатели (АВ) представляют собой аппараты, которые состоят из выключателя с мощной контактной системой для отключения тока КЗ и реле защиты,

действующих на его отключение при возникновении повреждения или перегрузки. Из – за подгорания контактов автоматические выключатели допускают отключение не более чем 2 – 3 раза в час, вследствие чего они не могут применяться для частых операций в цепях управления.

АВ имеют ряд преимуществ по сравнению с предохранителями:

- *большая оперативность АВ, которые всегда готовы к быстрому включению немедленно после отключения защищаемой цепи. Поэтому с помощью АВ могут быть выполнены схемы АПВ и АВР;

- *АВ одновременно отключают все три фазы защищаемого присоединения.

В зависимости от типа АВ в нём устанавливаются различные реле защиты прямого действия – расцепители.

Электромагнитный расцепитель для защиты от КЗ представляет собой электромагнит, который при определённом токе мгновенно притягивает якорь, вследствие чего происходит отключение АВ.

Тепловой расцепитель представляет собой тепловое реле, которое реагирует на количество тепла, выделяемое в его нагревательном элементе при прохождении тока. Под действием тепла нагревается биметаллическая пластина, которая, поворачиваясь под действием пружины вокруг оси, производит отключение АВ. Время срабатывания тепловых расцепителей тем больше, чем меньше перегрузка.

Комбинированный расцепитель, осуществляющий защиту от перегрузки и от КЗ, представляет собой комбинацию из двух расцепителей: теплового и электромагнитного. В АВ могут устанавливаться расцепители минимального напряжения, срабатывающие при исчезновении напряжения или при его снижении до уставки срабатывания расцепителя.

АВ характеризуются следующими параметрами:

Номинальным током, номинальным напряжением, предельным отключаемым током.

Расцепители характеризуются:

Номинальным током, током уставки.

2.7 Телемеханизация как основа автоматизации диспетчерского управления системой электроснабжения.

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на следующие особенности.

Автоматизированная система управления (АСУ) – это система "человек-машина", обеспечивающая эффективное функционирование объекта, в которой сбор, передача и обработка информации, необходимой для реализации функций управления, осуществляются с применением средств автоматизации и вычислительной техники.

В сложных системах полная автоматизация управления предприятием (или его отдельным департаментом) обычно трудно реализовать из-за отсутствия аналитического аппарата управляющих процессов, а также непредсказуемости всех возможных режимов работы. Поэтому наряду с устройствами автоматизации и телемеханики определённые функции выполняет исключительно человек (оператор), при этом система управления превращается в автоматизированную систему диспетчерского управления (АСДУ).

Эти диспетчерские системы управления отличаются от соответствующих систем автоматизации в первую очередь превалирующей ролью человека (диспетчера) в контуре управления. Приёмо-передача сигналов управления осуществляется диспетчером с помощью специально организованных каналов и линий связи. С помощью средств телемеханики диспетчер получает информацию о параметрах режима электропотребления и положения коммутационных аппаратов на главной понизительной подстанции (ГПП). С помощью этих устройств осуществляется передача управляющих команд с диспетчерского пункта на объекты.

Режимы работы отдельных элементов в системе электроснабжения (СЭС) промышленных предприятий (ПП) взаимосвязаны. Согласованное действие всех этих

элементов будет обеспечено лишь в случае, если важнейшие из них обладают устойчивыми операциями контроля и управления, сосредоточенные в одном месте (диспетчерском пункте).

В простейшем случае диспетчеризация управления может осуществляться с помощью телефонной связи диспетчера с обслуживающим персоналом удалённых объектов. При телефонной связи диспетчера с контрольными пунктами получается значительный промежуток времени с момента, требующего оперативного вмешательства до момента исполнения. Кроме того, при диспетчеризации только посредством телефонной связи велика вероятность неполучения или недостоверности информации.

2.8 Виды телемеханической информации.

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на следующие особенности.

Отдельная функция АСУЭ – это совокупность задач, направленных на достижение общей цели управления и объединённых единым критерием управления. Телеуправление – управление положением или состоянием объектов методами и средствами телемеханики. Телеуправление предприятиями применяется тогда, когда это дает возможность улучшить ведение режима и позволяет ускорить локализацию и ликвидацию аварии, нарушение и отклонение от нормальных режимов работы, если это невозможно сделать с помощью местной автоматики.

Телесигнализация (ТС) – это получение информации о состоянии контролируемых и управляемых объектов, имеющих ряд возможных дискретных состояний. ТС должна обеспечивать передачу на пульт управления предупреждающих и аварийных сигналов, а также обеспечивать отображение состояния основных элементов СЭС на диспетчерском пульте (и на щите), при этом должны предусматриваться следующие показатели:

- положение всех телеуправляемых объектов;
- положение крупных телеприёмников;
- положение нетелеуправляемых выключателей ВН на вводах;
- положение секционных шинно-соединительных и обходных выключателей;
- положение силовых трансформаторов, находящихся в цехе.

Телеизмерения (ТИ) – должны обеспечивать возможность измерения основных параметров, отображающих работу системы и позволяющих правильно управлять ситуацией. Для телеизмерений в АСУ-Электро рекомендуют выбирать:

- напряжение на головных шинах;
- напряжение на шинах пункта приёма электроэнергии;
- ток на одном из концов линии подстанции;
- суммарную мощность, полученную от отдельных источников и т.д.

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ЗАНЯТИЯМ

3.1 Практическое занятие № ПЗ 1. Моделирование максимальной токовой защиты линии электропередачи мгновенной токовой отсечки линии электропередачи.

При подготовке к занятию необходимо обратить внимание на следующие моменты.

Подготовить отчет и ответы на контрольные вопросы.

1. Основные понятия максимальной токовой защиты;
2. Способы защиты линий электропередач;
3. Алгоритм работы защиты.
4. Основные понятия мгновенной токовой отсечки;
5. Алгоритм работы мгновенной токовой отсечки;
6. Причины срабатывания мгновенной токовой отсечки.

3.2 Практическое занятие № ПЗ 2. Моделирование дифференциальной защиты линии электропередачи, и трансформаторов.

При подготовке к занятию необходимо обратить внимание на следующие моменты.

Подготовить отчет и ответы на контрольные вопросы.

1. Понятие дифференциальной защиты;
2. Преимущества и недостатки современных устройств дифференциальной защиты линий;
3. Тенденции развития дифференциальных защит.
4. Понятие дифференциальной защиты трансформатора;
5. Анализ принципиальных схем дифференциальной защиты трансформатора;
6. Расчет дифференциальной защиты трансформатора.

3.3 Практическое занятие № ПЗ 3. Моделирование тепловой защиты электрической цепи с помощью электротеплового реле.

При подготовке к занятию необходимо обратить внимание на следующие моменты.

Подготовить отчет и ответы на контрольные вопросы.

1. Понятие тепловой защиты;
2. Виды тепловых реле;
3. Принцип работы теплового реле.

3.4 Практическое занятие № ПЗ 4. Автоматическое повторное включение линии электропередачи, автоматическое включение резервного питания нагрузки.

При подготовке к занятию необходимо обратить внимание на следующие моменты.

Подготовить отчет и ответы на контрольные вопросы.

1. Принцип работы автоматическое включение резервного питания;
2. Достоинства и недостатки автоматического включения резервного питания;
3. Типы исполнительных механизмов.
4. Принцип работы автоматического повторного включения;
5. Достоинства и недостатки автоматического повторного включения;
6. Требования к устройствам автоматического повторного включения.