



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ДГТУ)

РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И АВТОМАТИКА ЭЛЕМЕНТОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ
СИСТЕМ

Методические указания и задания
для студентов заочной формы обучения по направлению
«Электроэнергетика и электротехника»

Ростов-на-Дону
2021

УДК 621. 316. 925.(07)

Е80

Релейная защита и компьютерная безопасность.

Методические указания и задания по курсовой работе составлены для студентов заочной формы обучения направления подготовки «Электроэнергетика и электротехника» (специальности «Электроэнергетические системы и сети») / Сост. В. А. Шелест. Ростов-на-Дону: ДГТУ, 2017. 12 с.

Введение

На современном этапе развития энергетики человеку не всегда удается эффективно управлять машинами, аппаратами. Это обусловлено ограниченными физиологическими возможностями человека и усложнением процедуры управления быстро протекающими технологическими процессами производства, передачи и распределения электрической энергии. Кроме того, все технологические процессы в энергетике сопровождается опасными для человека воздействиями электрического, теплового и электромагнитного характера. Поэтому существуют зоны, в которых появление человека недопустимо. Характерной особенностью технологических процессов в электроэнергетике является возможный переход из устойчивого состояния нормального функционирования в неустойчивое -

предаварийное, с последующими аварийными ситуациями.

Устойчивое и безопасное электроснабжение потребителей возможно только при использовании средств релейной защиты и автоматики. При этом автоматизация в электроэнергетике, решая задачи контроля, регулирования и управления в нормальном режиме, обеспечивает посредством автоматического ввода резерва (АВР) и автоматического повторного включения (АПВ) восстановление электроснабжения после аварийных перерывов. В методических указаниях рассмотрен принцип работы устройств АВР и приведены основные расчетные формулы уставок. В следующих методических указаниях будет рассмотрено АПВ.

Расширение области применения АВР и АПВ способствует формированию активно-адаптивных сетей в соответствии с программой интеллектуализации энергетики,

которая предполагает широкое применение компьютерных технологий.

В этой связи вопросы компьютерной безопасности выходят на первый план и требуют решения ряда проблем в рамках импортозамещения.

1. Классификация защит электрических сетей

Релейную защиту принято классифицировать по характеру изменения параметра, на который реагирует защита, по назначению в зависимости от ответственности и порядка работы при КЗ, а также для определенных видов КЗ.

1. По характеру изменения параметра защиты разделяются на максимальные и минимальные. Защиты, реагирующие на величины I , I_2 , I_0 , U_2 , U_0 , возрастающие в условиях КЗ, называются максимальными. Защиты, реагирующие на величины U , Z , снижающиеся при КЗ, называются минимальными.

2. По назначению в зависимости от ответственности и порядка действия при КЗ, защиты классифицируют как основные, резервные и дополнительные.

Основной называется защита, обеспечивающая первоочередное отключение повреждений в любой точке защищаемого участка.

Резервной называют защиту, обеспечивающую отключение поврежденного участка при отказе в работе основной защиты или выключателя. Различают резервные защиты ближнего действия, отключающие повреждения в любой точке защищаемого участка при отказе его основной защиты, и резервные защиты дальнего действия, создающие условия для отключения защищаемого участка при КЗ на смежном участке и отказе защиты или выключателя смежного участка. С целью упрощения резервных защит допускается выполнение их реагирующими только на более частные виды КЗ (однофазные и двухфазные).

Дополнительной называется защита, обеспечивающая частичное дублирование основной защиты и действующая в этом случае одновременно с ней. Обычно это простая защита, основанная на другом принципе и отключающая наиболее тяжелые виды КЗ на части защищаемого участка.

3. По назначению для определенных видов КЗ классификация защит зависит от режима заземления нейтрали сети. Для сети 110 кВ и выше, работающих с эффективно заземленной нейтралью, выделяют защиты от междофазных повреждений (максимальные токовые и дистанционные), от замыканий на

землю (максимальные токовые нулевой последовательности) и от всех видов повреждений (дифференциальные, дифференциально-фазные и направленные высокочастотные защиты, а также приставки высокочастотной блокировки).

2. Номенклатура устройств релейной защиты

В настоящее время защита электрических сетей напряжением 6–750 кВ выполняется с помощью комплексов релейной защиты линий, выполненных как на базе традиционных электромеханических устройств, так и с применением микроэлектронной базы (интегральных микросхем, микропроцессорной техники).

Электротехническая промышленность серийно выпускает в течение последних десятилетий следующие панели защиты на электромеханической базе:

- панель защиты типа ЭПЗ 1636-67 – для защиты линий напряжением 110-220 кВ, содержащая трехступенчатую дистанционную защиту с блокировкой при качаниях и неисправностях цепей напряжения, четырехступенчатую токовую защиту нулевой последовательности, междуфазную токовую отсечку, реле УРОВ;
- панель защитная типа ДФЗ-201 – дифференциально-фазная высокочастотная защита, предназначена для применения в качестве основной защиты линий напряжением 110-220 кВ; это быстродействующая защита, действующая при всех видах КЗ в системе;
- панель защитная типа ДФЗ-503 – дифференциально-фазная высокочастотная защита для линий 330-500 кВ;
- панель защиты типа ЭПЗ 1637-91 – применяется для выполнения поперечной дифференциальной токовой направленной защиты параллельных линий 110-220 кВ при замыканиях между фазами (комплект КЗ-6) и на землю (комплект КЗ-7);
- панель защиты типов ЭПЗ 1638-91 и ЭПЗ 1639-91 – применяется для выполнения продольной дифференциальной токовой защиты линий 110-220 кВ;

это быстродействующая защита с проводными каналами связи, действующая при всех видах КЗ в системе;

- панель типа ЭПЗ 1643 высокочастотной блокировки дистанционной защиты и направленной защиты нулевой последовательности линий 110-330 кВ; она применяется для исключения выдержки времени защит при замыканиях на защищаемой линии; панель предназначена для совместной работы с панелью типа ЭПЗ 1636-67 или с любой другой, на которой установлены аналогичные защиты;
- панель типа ЭПЗ 1651-91 защиты и автоматики, применяется для защиты двух линий электропередачи напряжением 35 кВ при многофазных замыканиях; обеспечивает трехступенчатую токовую защиту с помощью токовой отсечки без выдержки времени и максимальной токовой защиты с пуском по напряжению, а также токовой отсечки с выдержкой времени; имеются устройства двухкратного АПВ (реле типа РПВ-02);
- панель типа ПА 115-91 УРОВ, применяется для выполнения устройства резервирования отказа выключателей (УРОВ) присоединений 110-220 кВ подстанций 110-500 кВ;
- панель дистанционной защиты типа ПЗ-4, применяется для защиты линий напряжением 35 кВ при всех видах многофазных КЗ; включает в себя трехступенчатую дистанционную защиту и токовую отсечку (комплект защиты типа КЗ-11);
- панель аварийного осциллографа типа ПДЭ 0301 – предназначена для размещения аварийного осциллографа типа Н 13 и управления его работой совместно с магнитографом при возникновении аварийного режима в энергосистеме;

Кроме панелей защиты выпускаются также комплекты защиты серии КЗ на электромеханических реле, которые предназначены для применения в схемах релейной защиты. Комплекты типов КЗ 9, КЗ 10, КЗ 12÷ КЗ 15, КЗ 17 применяются для работы на оперативном постоянном токе, а комплекты типов

КЗ 35÷КЗ 38 – для работы на оперативном переменном токе. Все элементы каждого комплекта защиты смонтированы в одном общем корпусе. Назначение комплектов:

- типа КЗ 9, КЗ 9 /2 – токовая отсечка при междуфазных КЗ в двухфазном двухрелейном исполнении;
- типа КЗ10 – трехступенчатая токовая направленная защита нулевой последовательности, применяемая в составе панели типа ЭПЗ 1636-67;
- типа КЗ 12 – максимальная токовая защита при междуфазных КЗ в двухфазном двухрелейном исполнении с независимой выдержкой времени;
- типа КЗ 13 – быстродействующая токовая отсечка в двухфазном двухрелейном исполнении и максимальная токовая защита с независимой выдержкой времени в двухфазном трехрелейном исполнении;
- типа КЗ 14 – максимальная токовая направленная защита с выдержкой времени в двухфазном двухрелейном исполнении;
- типа КЗ 17 – максимальная токовая защита с независимой выдержкой времени в двухфазном трехрелейном исполнении;
- типа КЗ 35 – максимальная токовая защита в двухфазном однорелейном исполнении;
- типа КЗ 36 – максимальная токовая защита в двухфазном двухрелейном исполнении;
- типа КЗ 37 – токовая быстродействующая отсечка и максимальная токовая защита с выдержкой времени в двухфазном трехрелейном исполнении;
- типа КЗ 38 – максимальная токовая направленная защита с выдержкой времени в двухфазном двухрелейном исполнении.

С середины 80-х годов серийно выпускается комплекс релейной защиты линий 110-330 кВ на микроэлектронной элементной базе в следующем составе:

- шкаф ШДЭ 2801 /15/, содержащий ступенчатые защиты для реализации функций резервных защит при наличии основной быстродействующей (взамен панели ЭПЗ 1636-67); также имеет в своем составе трехступенчатую

дистанционную защиту с блокировками при качаниях и неисправностях цепей напряжения, токовую отсечку, четырехступенчатую токовую направленную защиту нулевой последовательности, реле УРОВ;

- шкаф ШДЭ 2802, содержащий два отдельных комплекта (основной и резервный) ступенчатых защит и предназначенный для использования в виде единственной защиты (вместо панели ЭПЗ 1636-67); основной комплект – это шкаф ШДЭ 2801, а резервный комплект содержит двухступенчатые дистанционную и токовую защиты нулевой последовательности;
- панель ПДЭ 2802 направленной высокочастотной защиты, используемой в качестве основной, вместо панели ДФЗ-201.

Надежность функционирования этих устройств достигается, в частности, применением постоянного функционального автоматического контроля, охватывающего значительную часть элементов, с сигнализацией возникающих неисправностей. Для снижения трудозатрат на профилактическое обслуживание предусмотрен автоматизированный тестовый контроль.

Для линий 500 кВ и выше с 1983 г. выпускается комплекс устройств релейной защиты и автоматики на интегральных микросхемах серии ПДЭ 2000 в составе:

- панель ПДЭ 2001 – дистанционная трехступенчатая защита, применяется в качестве резервной от всех междуфазных КЗ, содержит устройства блокировки при качаниях и неисправностях в цепях переменного напряжения;
- панель ПДЭ 2002 – токовая направленная четырехступенчатая защита нулевой последовательности, также имеет в своем составе токовую отсечку от междуфазных КЗ и защиту от неполнофазного режима; применяется в качестве резервной защиты от КЗ на землю, дополнительной защиты от междуфазных КЗ вблизи шин подстанции и для ликвидации длительных неполнофазных режимов;
- панель ПДЭ 2003 – направленная и дифференциально-фазная высокочастотная защита, применяется в качестве основной быстродействующей защиты линий от всех видов КЗ как в полнофазном режиме, так и при работе линии двумя фазами в цикле однофазного АПВ; при полнофазной работе линии панель

используется в режиме направленной фильтровой защиты с высокочастотной блокировкой и только на время цикла ОАПВ она переводится в режим сравнения фаз токов;

- панель ПДЭ-2004.01 – устройство одно-и трехфазного АПВ;
- панель ПДЭ-2004.02 – устройство трехфазного АПВ на три присоединения;
- панель ПДЭ-2005 – УРОВ;
- панель ПДЭ-2006 – защита шин.

С 1991 г. происходит выпуск модернизированного комплекса защит линий 500 кВ и выше в составе:

- шкаф дистанционной защиты типа ШЭ 2703 взамен ПДЭ 2001;
- шкаф токовой защиты типа ШЭ 2704 – аналог ПДЭ 2002;
- шкаф высокочастотной защиты типа ШЭ 2705 – аналог ПДЭ 2003;
- шкаф устройства трехфазного АПВ типа ШЭ 2706 взамен ПДЭ 2004.02;
- шкаф устройства однофазного АПВ типа ШЭ 2702 взамен ПДЭ 2004.01;
- шкаф УРОВ типа ШЭ 2001 взамен ПДЭ 2005;
- шкаф защиты сборных шин типа ШЭ 2303 взамен ПДЭ 2006.

Комплексы защиты типа ПДЭ 2000 и ШЭ 2700 могут эксплуатироваться и на линиях 330 кВ.

Вопросы проектирования релейной защиты и автоматики электрических сетей регламентированы Правилами устройства электроустановок / 1 /, Руководящими указаниями по релейной защите / 6-11 / и директивными материалами Главтехуправления РАО ЕЭС России. Принципы выбора уставок защит, в основном, мало зависят от элементной базы, на которой выполнена защита, и определяются традиционными методиками, изложенными в Руководящих указаниях. Некоторые особенности расчета уставок, связанные с различием элементной базы отдельных измерительных органов, изложены в / 12-15 /.

3. Исходные данные сети

Исходная схема сети представляет собой однолинейную электрическую схему проектируемого района, на которой указывают:

1. Схему с номинальными напряжениями, длинами линий, марками проводов, наличием заземляющих тросов и их материала. Обязательно учитывают параллельность линий, частичную или полную, а также указывают расстояние между параллельными линиями.
2. Схему электрических соединений электростанций и подстанций с параметрами трансформаторов, автотрансформаторов (мощность, напряжение КЗ, группы соединения обмоток, пределы регулировки напряжения), генераторов (мощность, номинальное напряжение, сверхпереходное реактивное сопротивление) / 4 /; кроме того, места установки и типы коммутационной аппаратуры.
3. Приведенные к шинам подстанций защищаемой сети величины сопротивлений прямой (обратной) и нулевой последовательностей других частей системы, соответствующие максимальному и минимальному режимам работы.
4. Места установки, типы и коэффициенты трансформации датчиков информации. Трансформаторы тока (ТТ) – либо встроенные в выключатели, либо отдельно стоящие. Трансформаторы напряжения (ТН) устанавливаются на каждой системе шин подстанций, емкостные отборы напряжения – на входе линий, до выключателей.

Кроме того в исходных данных необходимо отразить ряд особенностей, влияющих на выбор принципов и расчет уставок релейной защиты.

1. Применение подстанций без выключателей на стороне высокого напряжения с установкой короткозамыкателей и отделителей. Здесь возникает необходимость отключения линии с питающего конца при коротком замыкании (КЗ) на приемной подстанции, например, в трансформаторе.

2. Присоединение потребителей к линии электропередачи глухими отпайками. При этом усложняется выбор уставок защит, особенно для параллельных линий.
3. Рост несимметричной нагрузки: электрическая тяга на переменном токе, электродуговые печи и т.д., – вследствие чего при нормальном режиме работы в сети появляются токи и напряжения обратной и нулевой последовательностей.
4. Широкое применение на одиночных линиях неполнофазных режимов работы по схеме две фазы и земля. Здесь также в нормальном режиме появляются токи и напряжения обратной и нулевой последовательностей.
5. Применение переменного оперативного тока, параметры которого зависят от вида и места КЗ.

4. Основные режимы сети

Основные режимы сети касаются уровня загрузки системы и режима заземления нейтрали.

1. По уровню загрузки системы режимы разделяют на *максимальный* или нормально-эксплуатационный, когда в работе находятся все элементы энергосистемы, и *минимальный*, когда часть генераторов и линий отключены при минимальном режиме работы смежной системы. Режим работы для выбора уставок и оценки чувствительности защит рассматриваются конкретно для каждой защиты элемента сети и для каждого вида КЗ. Кроме того, для выбора уставок последних ступеней защит учитываются аварийные (диспетчерские) режимы работы, для которых указывают уровни напряжений на подстанциях и величины токов по линиям и трансформаторам.
2. *Режимы заземления* нейтралей трансформаторов и автотрансформаторов принимают на основании следующих основных положений:
 - а) нейтрали всех автотрансформаторов заземляются наглухо;

б) заземление нулевых точек трансформаторов электростанций весьма желательно, так как при этом исключается возможность работы участка сети в режиме изолированной нейтрали с появлением перемежающейся дуги; в тех случаях, когда по условиям снижения токов замыкания на землю приходится разземлять нейтрали у части трансформаторов, необходимо предусматривать автоматику первоочередного отключения этих трансформаторов при устойчивом замыкании на землю в защищаемой сети (рис.1);

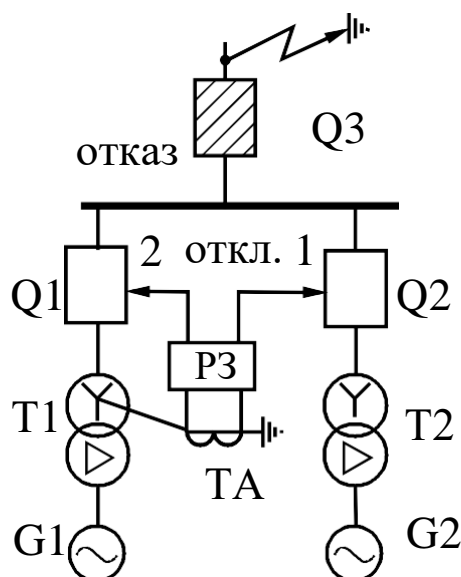


Рис.1. Пример первоочередного отключения блока генератор- трансформатор, работающего с изолированной нейтралью, при устойчивых замыканиях на землю в сети с эффективно- заземленной нейтралью

в) режим заземления нейтралей нулевых точек понизительных трансформаторов в основном определяется условиями работы релейной защиты (обычно заземляют только часть трансформаторов для того, чтобы при всех переключениях число заземленных трансформаторов не менялось); при работе сети с частичным заземлением нейтралей должны учитываться конструктивные особенности выполнения трансформаторов (некоторые типы трансформаторов

с высшим напряжением 110 кВ и регулировкой напряжения под нагрузкой имеют изоляцию нулевого вывода, рассчитанную на напряжение не более 40 кВ и недостаточную для случая перехода в режим с изолированной нейтралью);

г) силовые трансформаторы с резко-выраженной несимметричной нагрузкой (например, подстанций электротяги, работающей на однофазном переменном токе) требуют заземления нейтралей обмоток высокого напряжения, соединенных в звезду и присоединенных к сети 110–220 кВ.

При оценке категории потребителя учитывают существование параллельных связей, наличие резерва мощности, допустимость и длительность перерывов в энергоснабжении.

5. Исходные данные для курсовой работы

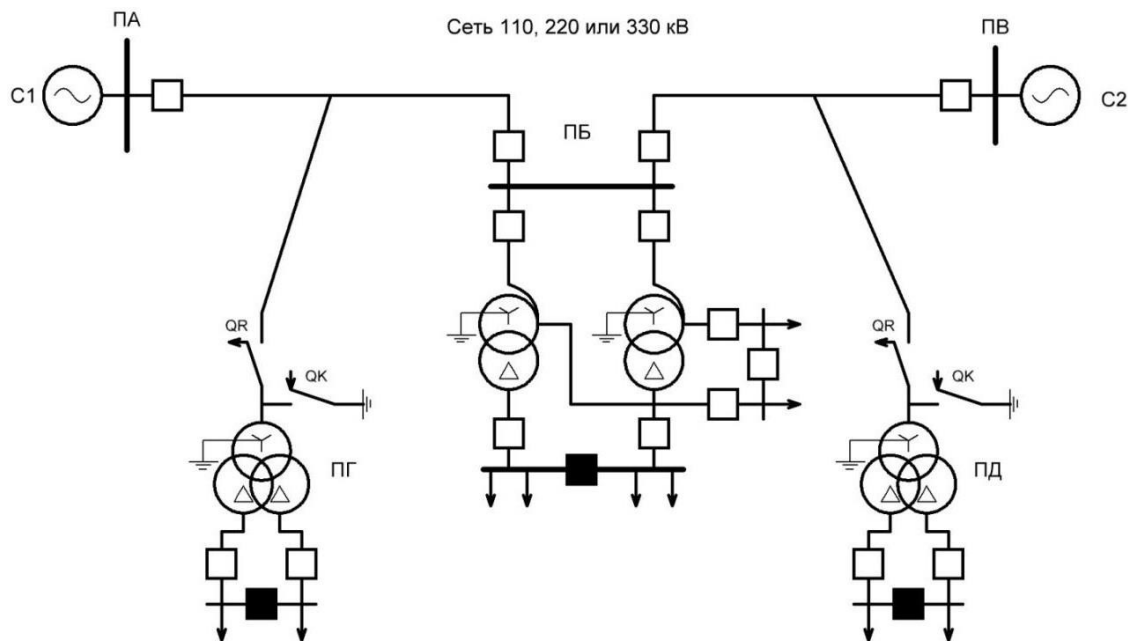


Рис 1- Исходная схема участка электрической сети

Работа над курсовой работой состоит из двух частей.

Часть I. Выбор принципов построения релейной защиты и автоматики и расчет уставок защит участка сети 110, 220 или 330 кВ.

1. Провести расчет токов КЗ в электрической сети.
2. Рассчитать максимально-токовые защиты (МТЗ) от междуфазных повреждений:
 - а) выполнить полный расчет МТЗ для линий с односторонним питанием;
 - б) рассчитать отсечки первых ступеней для линий с двусторонним питанием.
3. Провести выбор уставок дистанционных защит:
 - а) рассчитать уставки первых и вторых ступеней защит;
 - б) рассчитать уставки и проверить чувствительность третьих ступеней;
 - в) проверить чувствительность реле сопротивления по току точной работы;
 - г) рассчитать уставки и проверить чувствительность блокировки при качаниях.

4. Рассчитать МТЗ нулевой последовательности от КЗ на землю:
 - а) рассчитать уставки первых ступеней защиты;
5. Рассчитать уставки и проверить чувствительность дифференциально-фазной высокочастотной защиты.
6. Выбрать тип и параметры устройства автоматического повторного включения.
7. Составить карту селективности участка сети.

При выполнении курсовой работы руководствоваться учебным пособием:

Дьяков А.Ф., Платонов В.В. Основы проектирования релейной защиты электроэнергетических систем. МЭИ. 2000г.

Часть 2. Оформление пояснительной записки к работе.

1. Ознакомиться с «Правилами оформления и требованиями к содержанию курсовых проектов (работ) и выпускных квалификационных работ», введенными в действие приказом ректора ДГТУ №227 от 30.12.2015 г.
2. Пояснительные записки, выполненные с нарушением указанных правил и требований, к защите не принимаются.

Проектирование релейной защиты и автоматики выполняется для однолинейной электрической схемы, общий вид которой показан на рис. 1. В расчетную схему входят: системы 1 и 2, имеющая связь по ЛЭП, и три подстанции. Тупиковые подстанции подключены к серединам ЛЭП. Данные этой схемы уточняются по принятому варианту задания в соответствии с таблицами 1 и 2.

Номер варианта состоит из последних трех цифр номера зачетки студента (последовательность цифр берется слева на право).

Первая цифра номера варианта определяет напряжение участка сети (1,4,7 – 110 кВ, 2,5,8,0 – 220 кВ, 3,6,9 – 330 кВ); по второй цифре варианта выбираются параметры систем (таблица 1), а по третьей цифре – параметры электрических сетей (таблица 2).

Таблица 1 - Параметры систем

Данные систем 110 кВ	Режим	Вторая цифра номера варианта									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Сопротивление прямой последовательности системы 1, Ом	Макс им.	8	10	12	14	16	18	20	13	15	9
	Миним.	14	17	19	23	27	31	34	18	24	16
Сопротивление нулевой последовательности системы 1, Ом	Макс им.	14	16	18	20	22	24	25	18	21	13
	Миним.	24	27	29	32	35	39	40	32	38	19
Сопротивление прямой последовательности системы 2, Ом	Макс им.	12	14	16	18	20	22	24	17	19	13
	Миним.	16	19	21	25	29	33	36	20	26	18
Сопротивление нулевой последовательности системы 2, Ом	Макс им.	18	20	22	24	26	28	29	22	25	17
	Миним.	26	29	31	34	37	41	42	34	40	21
Данные систем 220 кВ	Режим	Вторая цифра номера варианта									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Сопротивление прямой последовательности системы 1, Ом	Макс им.	31,95	17	20	23	25	27	24	22	16	21
	Миним.	42,6	28	32	35	39	42	32	36	27	37
Сопротивление нулевой последовательности системы 1, Ом	Макс им.	11,64	22	25	28	30	32	29	27	21	29
	Миним.	15,52	34	38	41	48	50	41	45	39	42
Сопротивление прямой последовательности системы 2, Ом	Макс им.	8	21	24	27	29	31	28	26	20	25
	Миним.	12	30	34	37	41	44	34	38	29	39
Сопротивление нулевой последовательности системы 2, Ом	Макс им.	11	26	29	32	34	36	33	31	25	33
	Миним.	23	36	40	43	50	52	43	47	41	44

Данные систем 330 кВ	Режим	Вторая цифра номера варианта									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Сопротивление прямой последовательности системы 1, Ом	Макс им.	22	25	30	34	37	40	36	33	24	31
	Миним.	33	37	45	52	55	60	48	49	36	45
Сопротивление нулевой последовательности системы 1, Ом	Макс им.	30	33	37	42	45	48	44	40	31	43
	Миним.	45	48	55	61	63	70	61	57	49	63
Сопротивление прямой последовательности системы 2, Ом	Макс им.	12	30	34	32	36	38	35	32	30	32
	Миним.	18	45	51	48	54	53	52	48	42	46
Сопротивление нулевой последовательности системы 2, Ом	Макс им.	16	32	44	40	34	46	45	42	35	48
	Миним.	24	46	64	60	50	63	68	60	52	70

Таблица 2 - Параметры сетей.

Данные сети 110 кВ		Подстанции и	Третья цифра номера варианта									
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Мощность силовых трансформаторов в понижающих подстанций, МВА		ПБ	25	40	63	80	16	25	40	63	80	16
		ПГ	25	32	40	25	32	40	25	32	16	32
		ПД	10	16	25	32	40	10	16	25	32	40
Магистральные линии электропередачи	АБ	Длина, км	40	50	60	70	80	90	100	85	75	55
		Сечение, мм ²	240	150	240	150	120	150	240	240	150	120
	БВ	Длина, км	90	80	70	60	50	40	35	65	75	40
		Сечение, мм ²	150	240	240	120	150	120	150	150	240	150
Тупиковые линии электропередачи	к ПГ	Длина, км	20	25	30	35	40	45	50	35	40	20
		Сечение, мм ²	120	95	70	120	95	70	70	95	120	70
	к ПД	Длина, км	5	10	15	20	25	10	15	20	25	10
		Сечение, мм ²	70	95	120	70	95	120	70	95	120	70

Данные сети 220 кВ		Подстанции и	Третья цифра номера варианта									
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Мощность силовых трансформаторов в понижающих подстанций, МВА		ПБ	63	63	125	200	250	32	63	125	200	250
		ПГ	63	32	40	63	100	40	63	32	40	100
		ПД	32	32	40	63	40	25	32	40	32	40
Магистральные линии электропередачи	АБ	Длина, км	80	70	80	90	100	110	120	130	140	150
		Сечение, мм ²	400	300	400	500	240	300	400	500	300	400
	БВ	Длина, км	120	140	130	120	110	100	90	80	70	60
		Сечение, мм ²	400	500	240	300	400	500	240	300	400	500
Тупиковые линии электропередачи	к ПГ	Длина, км	45	25	30	35	40	45	50	35	40	25
		Сечение, мм ²	240	300	240	300	240	300	240	300	240	300
	к ПД	Длина, км	20	15	20	25	30	10	15	20	25	30
		Сечение, мм ²	240	300	400	240	300	240	240	300	240	300
Данные сети 330 кВ		Подстанции и	Третья цифра номера варианта									
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Мощность силовых трансформаторов в понижающих подстанций, МВА		ПБ	40	63	125	200	250	40	63	125	200	250
		ПГ	63	40	200	125	250	63	40	200	125	250
		ПД	40	63	125	250	40	63	125	250	40	63
Магистральные линии электропередачи	АБ	Длина, км	90	105	120	135	150	165	180	195	210	225
		Сечение, мм ²	240	300	400	500	240	300	400	500	300	400
	БВ	Длина, км	225	210	195	180	165	150	135	120	105	90
		Сечение, мм ²	400	500	240	300	400	500	240	300	400	500
Тупиковые линии электропередачи	к ПГ	Длина, км	30	37	45	52	60	67	75	52	60	37
		Сечение, мм ²	240	300	240	300	240	300	240	300	240	300
	к ПД	Длина, км	15	22	30	37	45	15	22	30	37	45
		Сечение, мм ²	240	300	400	240	300	240	240	300	240	300

Список литературы

1. Правила устройства электроустановок / Минэнерго СССР.-Энергоатомиздат, 1986.-648 с.
2. Федосеев А.М., Федосеев М.А. Релейная защита электроэнергетических систем: Учеб. для вузов.- М.: Энергоатомиздат, 1992.-528 с.
3. Дьяков А.Ф., Платонов В.В. Основы проектирования релейной защиты электроэнергетических систем. МЭИ. 2000г.