**Департамент образования Ивановской области**

**Областное государственное бюджетное профессиональное образовательное**

**учреждение**

 **«Ивановский энергетический колледж»**

**(ОГБПОУ «ИЭК»)**

Согласовано Утверждаю

Зам. директора по УМР Зам. директора по УПР

\_\_\_\_\_\_\_ О.А. Борисова \_\_\_\_\_\_\_\_ Т.К Егорова

31 августа 2017г. 31 августа 2017г

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

 **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

**к выполнению курсового проекта**

**по ПМ01. «Обслуживание электростанций, сетей и систем»**

**МДК.01.01.»Техническое обслуживание электрооборудования электростанций, сетей и систем «**

 **« Электрические сети энергетических сиСтем»**

 **специальности**

**13.02.03 «Электрические станции, сети и системы»**

 **Иваново 2017**

**Общая часть**

 Выполнение курсового проекта подводит итог изучения программного материала «Электрически сети электроэнергетических систем».

Чем лучше усвоен материал при самостоятельном изучении по учебной литературе, при выполнении практических работ, тем легче студент справится с выполнением курсового проекта.

 Курсовой проект имеет цель систематизировать, расширить и закрепить знания по электрическим сетям, развить навыки расчетов электрических сетей, самостоятельной работы с литературой.

 В методических указаниях приводится последовательность выполнения всех разделов курсового проекта, указываете объем отдельных его частей.

Задание на курсовой проект выдается преподавателем индивидуально каждому студенту. В задании на курсовой проект предлагается разработка электрической сети заданного района.

 Получив задание на курсовой проект, следует внимательно ознакомиться с его содержанием: темой, исходными данными, содержанием пояснительной записки, объемом графической части, списком рекомендуемой литературы.

**Введение**

 Во введении к курсовому проекту необходимо отразить основные направления развития электроэнергетики в России, указать задачи, стоящие перед электроэнергетической системой страны, пояснить основные этапы проектирования электрических сетей.

Кроме того, необходимо указать тему курсового проекта, исходные данные для проектирования и дать краткую характеристику принятых в проекте решений.

 Пример характеристики сетевого района приведен в приложении 1.

**1 Характеристика сетевого района**

 Проектируемая электрическая сеть относится к числу районных электрических сетей, питающая согласно заданию три подстанции с потребителями I, II, III категории и одну подстанцию с потребителем III категории.

 Надежность электроснабжения в проекте обеспечивается применением смешанных, замкнутых или радиальных схем электрической сети. (Указать, какая схема сети принята в проекте).

 Сеть расположена в I районе по гололеду и выполнена на унифицированных железобетонных опорах проводом марки АС. Сечение проводов выбирается по нормированным обобщенным показателям с учетом времени использования максимальных нагрузок Тmax.

 На ПС сетевого района предусмотрена установка трех- и двухобмоточных понижающих трансформаторов, выбранных согласно заданным нагрузкам потребителей и принятому напряжению питания сети.

Укажите, типы силовых трансформаторов, установленных на подстанциях.

 Произведен расчет проектируемой сети в режимах максимальных, минимальных нагрузок и в послеаварийном режимах. Выбраны сечения проводов ЛЭП, определены потери мощности в ЛЭП и трансформаторах.

 Качество электроэнергии во всех режимах работы сети обеспечивается регулировкой напряжения под нагрузкой (РПН) у всех установленных трансформаторов.

Произведен расчет уровней напряжения на шинах ПС и выбраны рабочие коэффициенты трансформации в режимах максимальных и минимальных нагрузок.

 С учетом выбранных коэффициентов трансформации, на ПС обеспечивается требуемый уровень напряжения на шинах НН и СН подстанции.

Все трансформаторы снабжены РПН.

 С учетом конфигурации сети и надежности электроснабжения потребителей, принята смешная схемы сети, в которой приняты типовые схемы электрических соединений ПС, согласно рекомендациям института Энергосетьпроект.

 Произведен расчет сети в режиме максимальных, минимальных нагрузок, расчет уровня напряжения.

 Пример характеристики сетевого района приведен в приложении 2.

**2 Выбор целесообразного напряжения питания сети**

 Номинальное напряжение – это основной параметр сети, определяющий габаритные размеры линий, трансформаторов, подстанций, коммутационных аппаратов и их стоимости. Выбор номинальных напряжений является технико-экономической задачей, т.к. при увеличении номинального напряжения сети, возрастают капиталовложения в сеть и уменьшаются эксплутационные издержки, за счет снижения потерь электроэнергии.

 Выбор целесообразного напряжения питания сети зависит от мощности нагрузок в максимальном режиме Рmax, расстояние от подстанции (ПС) до источника питания (ИП) и расстояние между ПС. Номинальное напряжения сети может составлять 35-220 кВ.

Экономически-целесообразное напряжение питания сети рассчитывается по формуле для каждого варианта.



где, Lср.=, км

Рmax=, МВт

 В задании на курсовой проект заданы номера нагрузок (задано 4 подстанции). В таблице 1 задания на курсовой проект, приведены величины нагрузок в максимальном и минимальном режиме, питающихся от шин НН подстанций.

Для заданных четырех подстанций

, км

, МВт

 По расчетному Uэк. Принимается ближайшее номинальное напряжение на источнике питания.

**3. Расчет нагрузок подстанции**

 Расчет нагрузок производится, согласно, исходных данных таблица 3.1, в задании. В максимальных и минимальных режимах определяется полная мощность нагрузки. (). Результаты расчетов занести в таблице 3.1

 Таблица 3.1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| №ПС | U, кВ | Max режим | Min режим |
| P, МВт | tg𝝋 | Q, МВар | S, МВА | P, МВт | tg𝝋 | Q, МВар | S, МВА |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

**4 Выбор силовых трансформаторов и расчет параметров схем замещения трансформаторов.**

 В соответствии с [1] , потребители I и II категории, должны обеспечиваться электроэнергией от двух взаимно резервируемых трансформаторов, получающих питание по двум линия. Если к подстанции подключены потребители III категории, допускается установка одного трансформатора, питание по одной линии.

 При установке на подстанции двух трансформаторов, мощность трансформаторов рассчитывают по условию:

 При установке на подстанции двух трехобмоточных трансформаторов:

 Если от шин СН – 35 кВ ПС – 1 питается другая ПС – 2 35/10 кв, в этом случае

 При установке одного трансформатора

 По этой расчетной мощности, выбирается тип и мощность трансформатора и проверяется загрузка в аварийном режиме ( при отключении одного трансформатора)

 Аварийная перегрузка допускается до в течении не более 5 суток, продолжительность не более 6 часов в сутки, если коэффициент начала загрузки не превышал 0,93. Выбор трансформаторов сводится в таблицу 4.1.

 Таблица 4.1.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № ПС | , кВ | Кол-во тр-ов | , МВА |  | Тип трансформатора |  |
|  |  |  |  |  |  |  |

 Данные трансформаторов, принятых к проектированию сводятся в таблицу 4.2.

 Таблица 4.2

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № ПС | Тип тр-ра | , кВ | Потери, кВт |  % |  |
| ВН | СН | НН |  |  | В-Н | В-С | С-Н |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Схема замещения двухобмоточного трансформатора ПС приведена на рисунке 4.1.



рис. 4.1

 Активное сопротивление трансформатора

 Индуктивное сопротивление трансформатора

 Потери активной мощности в сердечнике равны потерям холостого хода.

 Потери реактивной мощности в сердечнике

где, SномТ – номинальная мощность трансформатора, МВА;

 Uном Твн – номинальное напряжение обмотки высшего напряжения (ВН), кВ;

  - потери короткого замыкания, кВт;

 Iхх – ток холостого хода в процентах

 На схеме замещения трансформатора ПС указывается нагрузка, подключенная к шинам НН. При установке на ПС двух однотипных трансформаторов, работающих параллельно, определяются сопротивления эквивалентного трансформатора.

 Схема замещения трехобмоточного трансформатора ПС приведена на рисунке 4.2



рис. 4.2

 Активное сопротивление трансформатора

 Индуктивные сопротивления трансформаторов. Определяются значения напряжения короткого замыкания для обмоток

 Индуктивное сопротивление трансформатора

 Потери активной мощности в сердечнике равны потерям холостого хода.

 Потери реактивной мощности в сердечнике

 При установке на ПС двух однотипных трансформаторов, работающих параллельно, определяются сопротивления эквивалентного трансформатора.

 При этом, сопротивления эквивалентного трансформатора уменьшаются вдвое, а потери в стали увеличиваются вдвое. Составляется схема замещения. Параметры схем замещения трансформаторов сводятся в таблицу 4.3.

 Таблица 4.3

|  |  |
| --- | --- |
| № ПС | Параметры одиночного трансформатора |
| Rв | Rс | Rн | Xв | Xс | Xн | ∆Pхх | ∆Qµ |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| № ПС | Параметры эквивалентного трансформатора |
| Rв | Rс | Rн | Xв | Xс | Xн | ∆Pхх | ∆Qµ |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |

**5 Разработка схем электрической сети**

 5.1 Разработка конфигураций эл.сети и выбор типовых схем РУ ПС сети.

 При составлении схемы сети, учитывается необходимая степень надежности электроснабжения потребителей, в соответствии с их категорией. Для питания потребителей I и II категории, нужны двухцепные линии или замкнутые сети. Схема должна быть простой, наглядной и экономичной. Питание потребителей от источника должно осуществляться по кратчайшему пути. Намечается 4-7 вариантов схем.

 Варианты разомкнутых сетей

1. 1 2

ИП

 3

 4

2. 1 2

ИП

 3

 4

3. 1 2

ИП

 3

 4

4. 1 2

ИП

 3

 4

 Достоинства: простая конфигурация системы, высокая надежность, электроснабжение, возможность применение простых схем релейной защиты.

 Недостатки: дорогая сеть, применяются двухцепные линии.

Варианты замкнутых сетей:

5. 1 2

ИП

 3

 4

 Достоинства: высокая надежность, потребитель получает питание с двух сторон.

 Недостатки: сложные схемы релейной защиты.

 Варианты смешанных сетей:

6. 1 2

ИП

 3

 4

7. 1 2

ИП

 3

 4

8. 1 2

ИП

 3

 4

 Достоинства: простота конфигурации схем.

 Недостатки: дорогая сеть.

 При сравнении и оценке намеченных вариантов схем сети учитывается сложность схемы РУ ПС, число выключателей в РУ, зависящие от числа присоединений и номинальное .Сравнение выполняется в таблице 5.1. Предварительное сравнение вариантов производится так же по критерию минимума суммарных длин линий в таблице 5.2, отражающие стоимость сооружения ЛЭП. Длины двухцепных линий при этом умножаются на 1,5 – во столько раз дороже двухцепные ЛЭП по сравнению с одноцепной при использовании двухцепных опор.

Таблица 5.1

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № вар. | №ПС | U,кВ | Числоприсоединений | Номерсхемы | Количествовыключателей | Общее число выключателей |
|  |  |  |  |  |  |  |

 Сетевые ПС можно подразделить на тупиковые ,ответвительные ,проходные и узловые.

Типовые схемы распределительных устройств (РУ) ПС приведены в [3] рисунок 4.8 и в таблице 4.4.

 Тупиковые и ответвительные ПС выполняются по блочным схемам, проходные ПС по мостиковым схемам или схемам со сборными шинами. Предварительное сравнение вариантов производится так же по критерию минимума суммарных длин линий в таблице 5.2, отражающие стоимость сооружения ЛЭП. Длины двухцепных линий при этом умножаются на 1,5 – во столько раз дороже двухцепные ЛЭП по сравнению с одноцепной при использовании двухцепных опор.

 Таблица 5.2

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № вар. | Двухцепные ЛЭП | Одноцепные ЛЭП | Стоимость о.е |
|  |  |  |  |

5.2 Обоснование и выбор оптимального варианта сети

 Сравнение вариантов производится по протяженности трассы, длине провода, количеству выключателей на питающей и приемной ПС. Для проектирования принимаются наиболее надежный и экономичный вариант. Пример расчетной схемы приведен на рис. 5.1.



**6 Расчет оптимального варианта сети в режиме максимальных нагрузок.**

 6.1 Расчет приведенных нагрузок ПС с двухобмоточными трансформаторами.

 Приведенная нагрузка ПС, т.е. мощность, поступающая в трансформатор с шин ВН, складывается из мощностей потребителей и потерь в обмотках и магнитопроводе трансформаторов. Расчет приведенных мощностей ведется по схеме замещения. Потери мощности в каждом звене трансформатора ( или линии ) определяются по формулам:

,

 где, P, Q, S – соответственно активная, реактивная и полная мощности конца звена.

 R, Х – активное и индуктивное сопротивление звена эквивалентной схемы замещения.

 В качестве , берется ( таблица 4.2 ). Для расчета приведенных нагрузок , нужно еще учесть потери в стали эквивалентного трансформатора. Расчеты представлены в таблице 6.1. Аналогичные расчеты выполняются для всех ПС с двухобмоточными трансформаторами схемы замещения. Результаты расчетов () указываются на схеме замещения на полках выносках на шинах ВН ПС.

 Таблица 6.1

|  |  |
| --- | --- |
| Участок | Мощность |
| Шины НН ПС |  |
| Потери в звене | +X =  |
| Начало звена |  |
| Потери в стали |  |
| Шины ВН |  |

 6.2 Расчет сети 35 кВ

 Для расчета приведенных нагрузок ПС с трехобмоточными трансформаторами, следует выполнить расчет сети 35 кВ. При расчете используются данные таблицы 2.1 учитывается полная мощность.

 Параметры схем замещения трансформаторов выписать из таблицы 4.3, для двух двухтрансформаторных ПС учитываются трансформатора. Напряжение принято в таблицы 4.2.

 Выбор сечения проводов ЛЭП 35 кВ, идущей от ПС с трехобмоточным трансформатором ( ПС-5 ), выполняется методом нормирования обобщенных показателей [5]. Сечение проводов фазы ВЛ составляет

,

 где, расчетный ток, А

 – нормированная плотность тока, А/мм2

 Принимается по таблице 3.12 [5]

 Значение определяется по выражению

 (6.2) ,

 где, – ток линии на пятый год ее эксплуатации в нормальном эксплуатационном режиме, он равен наибольшему току, протекающему по линии в режиме максимальных нагрузок

 (6.3),

 где, = 1,05 – коэффициент, учитывающий изменение нагрузки по годам эксплуатации

 – коэффициент, учитывающий число часов использования максимальной нагрузки ВЛ (), а коэффициент отражает участки нагрузки в максимуме энергосистемы. Определяется по таблице 3.12 [5]

 Для ВЛ, питающей тупиковую ПС, в формулу (6.3) подставляют приведенную нагрузку ПС.

 Марка провода принимается по таблице 3.8 [5].

 Производится проверка выбранного провода по допустимому току

 Данные выбранного провода заносятся в таблицу 6.2

Таблица 6.2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Участок | Провод | Ом/км |  Ом/км | Rл Ом | Xл Ом | L км | IдопА | IрасчА | b0Ом/км \*10-6 | Qb |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

 Расчет мощности по участку сети 35 кВ выполняется по схеме замещения. Баланс мощности по ЛЭП 35 кВ рассчитывается в таблице 6.3 и данные наносятся на схему замещения.

 Таблица 6.3

|  |  |
| --- | --- |
| Участок | Мощность и потери |
| Шины ВН |  |
| Потери в ЛЭП |  |
| Начало линии |  |

 6.3 Расчет приведенных нагрузок ПС с трехобмоточным трансформатором

 Расчет ведется по схеме замещения, используя данные таблицы 3.1 для активных и реактивных мощностей.

 Параметры схемы замещения приведены в таблице 4.3 , напряжение принято по таблице 4.2. При расчете мощности на шинах СН ПС с трехобмоточным трансформатором ( ПС-1 на рис. 5.1 ), следует учесть мощность нагрузки на шинах СН ПС ( ), просуммировать эту мощность с мощностью начала звена ЛЭП 35 кВ, смотри рисунок 6.4. Расчет приведенных нагрузок ПС сводятся в таблицу 6.4.

 Таблица 6.4

|  |  |
| --- | --- |
| Участок | Мощность и потери |
| Шины НН |  |
| Потери мощности в обмотке НН | + =  |
| Начало звена обмотки НН |  |
| Шины СН |  |
| Потери мощности в обмотке СН | + =  |
| Начало звена обмотки СН |  |
| Конец звена обмотки ВН |  |
| Потери мощности в обмотке ВН | + =  |
| Начало звена обмотки ВН |  |
| Потери в стали |  |
| Шины ВН |  |

**7 Расчет радиальной части сети 110 кВ в режиме максимальных нагрузок**

 Для расчета сечения провода ВЛ используется метод нормированных обобщенных показателей, аналогичного тому, как выполняется расчет ЛЭП-35 кВ в разделе 6 курсового проекта. Только с учетом зарядной мощности линии и рассчитывается по формуле

 Сечение ЛЭП принимается по таблицам, в зависимости от расчетного тока Iр.

 Определяется расчетный ток для каждой ЛЭП-110 (220) кВ.

 Производим выбор сечения ЛЭП – 110 кВ

 - для одноцепной ВЛ

 - для двухцепной ВЛ (ток одной цепи)

Где, =1,05 – коэффициент, учитывающий изменения нагрузки по годам эксплуатации

  - коэффициент, учитывающий число часов использования максимальной нагрузки ВЛ (Тmax), а коэффициент Км отражает участки нагрузки в максимуме энергосистемы.  определяется по [5], таблице 3.12 (можно принять =1 при Tmax=4000ч. и Км=1).

 Значение P и Q в формулах 7.2-7.3 для тупиковых ВЛ равно значению приведенной нагрузки ПС. Для участка сети, по которому поступает мощность к нескольким нагрузкам, берется мощность конца участка.

 Если при этом Tmax для разных потребителей различны, то находят средневзвешенное значение Тмср.

 Сечение провода (F) фазы проектируемой ВЛ составляет

 – нормированная плотность тока, определяется по [5], таблице 3.12.

 Применяется провод АС по таблице 3.8 [5] для ВЛ 110 кВ, и таблице 3.9 [5] для ВЛ 220 кВ. Найденные сечения проверяются по нагреву током после аварийного режима из условия

Iдоп.>Iр

Где, Iдоп. – допустимый длительный ток нагрузки, определяемый по таблице 3.15 [5]

 Для радиальной линии за Imax принимается ток при обрыве одной цепи при максимальной нагрузке, т.е. Imax = 2 \* I5

 Из таблицы 3.8 [5] выписываются значения для 110-220 кВ и определяются

, Ом

, Ом

, МВар (7.6)

 Для двухцепной ВЛ определяются эквивалентные параметры схемы замещения, при этом RЭ, ХЭ будут вдвое меньше, а QВЭ вдвое больше, чем для одноцепной ВЛ, определенной по формуле (7.4-7.6). Параметры схемы замещения ВЛ заносятся в таблицу 7.1 и на схему замещения (рисунок 5.1)

 Таблица 7.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Участок | Провод | Ом/км |  Ом/км |  Ом/км | R Ом | X Ом | L км | , МВар | Ом | Ом | Iрасч.,А | Iдоп.,А |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

 Линия двух цепная, то в схеме замещения вводятся эквивалентные параметры:

 Баланс мощностей ЛЭП 110 кВ.

 Таблица 7.2

|  |  |
| --- | --- |
| Участок | Мощность, потери |
| Конец линии | = Pкл + jQкл |
| Зарядная мощность |  |
| Мощность конца звена |  |
| Потери мощности в звене |  |
| Мощность начала звена |  |
| Зарядная мощность |  |
| Начало ВЛ |  |

**8 Расчет кольцевой части сети в режиме максимальных нагрузок**

 Кольцевая сеть с одним источником питания является частным случаем сети с двухсторонним питанием. Поскольку в курсовом проекте сопротивление проводов еще неизвестны, расчет начинается с предварительного определения мощностей, предполагая, что все участки выполнены проводом одинакового сечения. Тогда, вместо сопротивления, можно использовать длины участков. Кольцевую сеть разрезают по источнику питания.

 1

 Рн + jQн

 2

 Рн + jQн

 рис. 8.1

 ИП 1 2 ИП’

 рис. 8.2

 Определяются нагрузки на головных участках сети, потоки мощностей на головных участках сети направлены в сторону нагрузок.

Чтобы избежать ошибок, делается проверка на соблюдение равенства

 Мощность на среднем участке 1-2 находится по первому закону Кирхгофа, при этом выясняется, какая из точек приложения нагрузки является точкой токораздела, где мощность, подтекающая с двух сторон, полностью потребляется нагрузкой. Иногда точка токораздела активной мощности не совпадает с точкой токораздела мощности реактивной.

 Мощность на участке цепи 1-2

 Если эта величина положительна, то точкой токораздела является ПС - 2, если отрицательна, то точка токораздела – ПС-1

 Определяются токи на всех участках кольцевой сети и выбираются сечения проводов по методу нормированных токовых интервалов.

 ЛЭП ИП’ – ПС-1

 Определяется ток пятого года эксплуатации

(6.3)

 Расчетный ток

(6.2)

 Для определения величины  следует определить

 Сечение провода

 Марка и сечение провода принимается по таблице 3.15 [5]

 Аналогично находится сечение провода линии для остальных участков

ЛЭП ПС-2 – ПС-1

Определяется ток пятого года эксплуатации

(6.3)

 Расчетный ток

(6.2)

 Сечение провода

 Марка и сечение провода принимается по таблице 3.15 [5]

ЛЭП ИП’-ПС-2

(6.3)

(6.2)

 Марка и сечение провода принимается по таблице 3.15 [5]

 Выбранные сечения проводов проверяются по нагреву в аварийном режиме.

 Ток аварийного режима на участке ИП-ПС-6

 где, - допустимый ток для выбранных проводов ВЛ на участках ИП-ПС-1 и ИП’-ПС-2

 На промежуточном участке 1-2 рассматривается режим обрыва ЛЭП ИП’-ПС-2

 тогда,

 Определяются и заносятся в таблицу 8.1, параметры схемы замещения линии на всех участках кольцевой сети (Х, R, QВ).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Участок | Провод | L | r0 | x0 | b0 | R | X | Qb |
| ПС-1 – ИП |  |  |  |  |  |  |  |  |
| ПС-1 – ПС-2 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| ПС-2 – ИП’ |  |  |  |  |  |  |  |  |



рис.8.3

 Для упрощения расчетов, определяются расчетный мощности подстанций 1 и 2 как сумма мощностей концов ЛЭП, примыкающих к шинам данной ПС.



рис.8.4

 Рассчитываются потоки мощностей по головным участкам кольца с учетом реальных параметров линий

 Для упрощения расчетов, сопротивления R, X заменяют на проводимости G, B

 Определяются активные и реактивные проводимости ЛЭП кольцевой сети

,Ом

, Ом

 Активная проводимость

, См

См

 Определяется мощность на головных участках



А



С

=, МВт

, МВар



N



M

, МВт

, МВар

Выполняется проверка



Если условие выполняется, то далее определяется нагрузка на промежуточном участке 1-2



 Условно разделяем кольцевую сеть по точке токораздела и превращаем ее в две радиальные сети.

 Составляется баланс мощности по участкам кольцевой сети.

 Расчеты приведены в таблице 8.2.

 Таблица 8.2

|  |  |
| --- | --- |
| Линия ПС-2 |  |
| Конец линии |  + j |
| Потери в линии |  |
| Мощность в начале звена | (Pu'-2 + ∆P) + j (Qu'-2 + ∆Q) = Pнз + j Qнз |
| Зарядная мощность |  |
| Начало линии | Pнз + j (Qнз - ) = Pнл + j Qнл |
| Линия ПС-1 – ПС-2 |  |
| Конец линии |  |
| Потери в линии |  |
| Начало линии | (P1-2 + ∆P) + j (Q1-2 + ∆Q) = Pнз 1-2 + j Qнз 1-2 |
| Линия ПС-1 |  |
| Конец линии | (Р1 + Рнл 1-2) +j (Q1 + Qнл 1-2) = Ркл u-1 + j Qкл u-1 |
| Потери в линии |  |
| Начало звена | (Pкл u-1 + ∆P) + j (Qкл u-1 + ∆Q) = Pu-1 + j Qu-1 |
| Зарядная мощность |  |
| Начало линии | Pнз + j (Qнз - ) = Pнл + j Qнл |

 В конце расчета сети определяется суммарная мощность, потребляемая кольцевой сетью в максимальном режиме

Sкол = Sнл и-1 + Sнл и-2 = Ркл + jQкл – это мощность на шинах ИП

 МВт

 МВар

 МВт

 МВар

 Потери активной мощности



9 Расчет электрической сети в режиме минимальных нагрузок и в послеаварийном режиме

 Расчеты выполняются аналогично расчетам, выполненным в разделах 6-8.

**10 Расчет уровней напряжения на шинах заданной ПС**

 Для обеспечения нормальной работы потребителей, напряжение, подводимое к ним, должно быть близко к номинальному. Заключительным этапом расчета сетей является определение уровня напряжения на шинах НН подстанции и проверка возможности регулирования его во всех режимах в соответствии с требованиями ПУЭ.

 Расчет напряжений ведется по рельсам схемы замещения от сети источника питания, где оно задано.

 Падение напряжения сосредоточено в звене. Для его расчет берется мощность и напряжение в начале звена

 Напряжение в конце линии головного участка



 Расчет напряжений ведется по рельсам схемы замещения от сети источника питания, где оно задано.

 Падение напряжения сосредоточено в звене. Для его расчет берется мощность и напряжение в начале звена.

 Для ПС с трехобмоточным трансформатором между сторонами ВН и НН в схеме замещений имеется два звена, поэтому сначала находят напряжение в фиктивной нулевой точке U0 по данным звена ВН, а затем и напряжении Uнн по данным НН.



 Модуль напряжения



 Допускается падение напряжения в обмотке среднего напряжения не считать и принять Uсн=U0



 Аналогично ведется расчет уровней напряжения на шинах заданной ПС в минимальном и послеаварийном режиме.

**11 Выбор рабочих коэффициентов трансформации на шинах**

**заданной ПС**

 Сетевые понизительные трансформаторы, имеющие в обозначении букву «Н» оборудованы устройством регулирования напряжения под нагрузкой (РПН), позволяющее изменять коэффициент трансформации переключением ответвления на стороне ВН без отключения трансформатора.

 Ступень регулирования выбирается для каждого режима по рассчитанным напряжениям на шинах НН, приведенным к стороне ВН, в курсовом проекте этот расчет выполняется для максимального и минимального режимов.

 Для трехобмоточных трансформаторов на стороне СН устанавливается устройство, позволяющее переключить ответвления обмотки СН при отключении трансформатора, что обычно делается один раз в сезон, поэтому на стороне СН, напряжение корректируется ограничено, путем выбора одного общего ответвления во всех режимах.

 Рабочее ответвление обмотки 35 кВ определяется исходя из выбранного рабочего ответвления обмотки 110 кВ в режиме максимальных нагрузок. При этом выбранное рабочее ответвление ПБВ не меняется в течение сезона и должно удовлетворять и минимальному режиму.

 Принимается Uжел.=37-39 кВ – в режиме максимальных нагрузок

 Uжел.=35-36 кВ – в режиме минимальных нагрузок

 Исходя и найденных расчетных значений, напряжения на шинах 10 и 35 кВ, приведенных к расчетному напряжении 110 кВ, определяются рабочее ответвление обмоток ВН и СН трансформатора для разных режимов нагрузок шин 10 кВ и 35 кВ и находятся действительные напряжения на этих шинах при работе трансформатора на выбранные ответвлениях.

 Расчет ведется в следующей последовательности

 1 Определяется необходимость регулирования напряжения с помощью РПН для обеспечения желаемого уровня напряжения на шинах НН и СН в режиме максимальных нагрузок

Uжел.=1,05\*Uном=1,05\*10=10,5 кВ

 2 Определяется действительное напряжение при работе трансформатора на основном (нулевом) ответвлении РПН



где, =

 Сравнивается Uдейств нн. > Uжел.нн

 Число витков обмотки ВН при работе на основном ответвлении, принимается за 100%.

 3 Определяется расчетное число витков, на которое необходимо изменить количество витков первичной обмотки



 За диапазон регулирования РПН принимается стандартная ступень .

 4 Определяется коэффициент трансформации с учетом выбранной степени

 кВ

 5 Определяется действительные значения напряжения на шинах НН на выбранной ступени



 Аналогично ведется расчет выбора рабочих коэффициентов трансформации на шинах заданной ПС в минимальном и послеаварийном режиме.

**12 Анализ полученных результатов**

 Определяются суммарные потери мощности сети:

1 Определяются активная и реактивная мощности, потребляемые с шин 10 кВ и 35 кВ ПС





2 Суммарная мощность, потребляемая кольцевой сетью с шин источника питания, определенная в разделе 8

Smaxкол.=Рmaxкол+jQmaxкол

3 Суммарные потери в сети

Smaxкол-Smax=(Pmaxкол-Рmax)+j(Qmaxкол-Qmax)

 Определите потери активной и реактивной мощности в % в максимальном и минимальном режимах и оцените результат.

 Определить уровни напряжения на шинах НН и СН в максимальном режиме и минимальном режиме .

 При технико-экономическом сравнении вариантов, наилучшим оказался вариант …. Питание подстанции осуществляется по одноцепным и двухцепным линиям ВЛ = 110 кВ.

 Анализ режимов показал, что линии имеет значительный запас по аварийному току, . Имеется запас по установленной трансформаторной мощности подстанции. Все подстанции оборудованы средством регулирования напряжения, т.е. сеть предусматривает рост мощности потребляемой и возможность подключения новых подстанций.

Графическая часть курсового проекта

 Графическая часть должна содержать схему принципиальную электрической сети

 Чертеж выполняется карандашом или с применением компьютерных программ на листах формата А1(594\*841) или А2(420\*594)

 Требования к оформлению графической части и пояснительной записки изложены в [4

**Список используемых источников**

1 Правила устройства электроустановок. – 7-е изд. – Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2005.

2 Нормы технологического проектирования подстанций переменного тока с высшим напряжением 35-750 кВ. – М., 2009.

3 Схемы принципиальные, электрические распределительных устройств подстанций, напряжением 35-750 кВ. Типовые решения. – М Энергосетьпроект 2006

4 Типовые материалы для проектирования № 407-03-456.87 «Схемы принципиальные электрические распределительных устройств напряжением 6-750 кВ подстанций». – ВГПИ и НИИ «Энергосетьпроект», 1987.

5 Справочник по проектированию электрических сетей/ Под ред. Д.Л. Файбисовича. – М.: Издательство НЦ ЭНАС, 2005.

6 Боровиков В.А., Косарев В.К., Ходот Г.А. Электрические сети энергетических систем: Учебник для техникумов. – 3-е изд., перераб. – Л.: Энергия, 1997.

7 Справочник по проектированию электроэнергетических систем/ Под ред. С.С. Рокотяна, И.М. Шапиро. – 3-е изд. Перераб. И доп. – М.:Энергоатомиздат, 1985.

8 Методические указания по применению государственных стандартов Единой системы конструкторской документации в курсовом и дипломном проектах/ Составитель Л.М. Орлова. – Иваново ВЗЭК, 2016.

Приложение 1

**Введение**

 Основной экономики всех индустриальных стран мира является электро-энергетика. ХХ век стал периодом интенсивного развития этой важнейшей отросли промышленности.

 Россия располагает значительными запасами энергетических ресурсов и мощным топливо-энергетическим комплексом, который является базовой развития экономики, инструментом проведения внутренней и внешней политики. Роль страны на мировых энергетических рынках во многом определяет ее геополитическое влияние.

Энергетический сектор обеспечивает жизнедеятельность всех отраслей национального хозяйства, консолидацию всех субъектов РФ, формирования основных финансово-экономических показателей страны.

Природные топливно-энергетических ресурсы, производственный, научно-технический и кадровый персонал энергетического сектора. Экономике являются национальным достоянием России. Эффективное использование его создаёт необходимое предпосылки для вывода экономики страны на путь устойчивого развития, обеспечивающего рост благосостояния и повышения уровня жизни населения.

Главными приоритетами Энергетической стратегии России на период до 2020 года является:

─ полное и надёжное обеспечение населения и экономики страны энергоресурсами по доступным и вместе с тем стимулирующим энергосбережения ценами, снижения рисков и недопущения развития кризисных ситуаций в энергообеспечении страны.

─ снижение удельных затрат на производство и использование энергоресурсов за счет рационализации их потреблений, применения энерго-сберегающих технологий и оборудования, сокращения потерь при добыче, переработке, транспортировке и реализации продукции ТЭК.

─ повышение финансовой устойчивости и эффективности использования потенциала энергетического сектора для обеспечения социально-экономического развития страны.

─ минимизация техногенного воздействия энергетики на окружающую среду.

Главным средством решения поставленной задачи является формирование цивилизованного энергетического рынка.

При этом государство, ограничивая свои функции как хозяйствующего субъекта, усиливает свою роль в формирование рыночной инфраструктуры как регулятора рыночных взаимоотношений.

Основные механизмы государственного регулирования предусматривают:

─ меры по созданию рациональной рыночной среды.

─ повышение эффективности управления государственной собственностью.

─ введение системы перспективных технических регламентов, национальных стандартов и норм, повышающих управляемость процесса развития энергетики и стимулирующих энергосбережения.

─ стимулирование и поддержку стратегических инициатив в сфере инвестиций, инноваций и энергосберегающей активности хозяйствующих субъектов

В курсовом проекте в соответствии с заданием разработана электрическая сеть заданного района, состоящая из источника питания и четырех подстанций. Данная электрическая сеть предназначена для надежного электроснабжения потребителей, подключенных к шинам ПС-1, ПС-2, ПС-3 и ПС-4 электроэнергией надлежащего качества.

С учетом величины суммарной активной мощности потребителей, среднего расстояния между подстанциями и взаимного расположения, на плане принята к проектированию сеть 110 кВ.

В соответствии с категориями потребителей по надежности электроснабжения и максимальных нагрузок ПС, выбраны трансформаторы ПС, Выбраны типовые схемы соединений ПС на стороне ВН, произведен расчет проектируемой сети в режиме максимальных, минимальных нагрузок и в послеаварийном режиме

В проекте определено напряжение у потребителей согласно расчетной мощности, заданному напряжению от источника питания и схемы замещения.

Напряжение регулируется до нужного значения, путем выбора рабочих ответвлений у трансформаторов ПС.

Приложение 2

**Характеристика сетевого района**

Проектируемая электрическая сеть относится к числу районных электрических сетей, питающая согласно заданию три подстанции с потребителями I, II, III категории и одну подстанцию с потребителем III категории.

Надежность электроснабжения в проекте обеспечивается применением смешанных, замкнутых или радиальных схем электрической сети

С учетом конфигурации электрической сети и категорий потребителей, принимается смешанная схема, в которой ПС-4 присоединена двухцепной радиальной линией 110 кВ шинами ПС-2.

ПС-1 и ПС-2 включены в кольцевую одноцепную сеть 110 кВ с двухсторонним питанием от ИП

Выбраны типовые схемы соединений ПС на стороне ВН

На подстанциях установлены трансформаторы:

На ПС-1 ТДН-10/110/10 кВ

На ПС-2 ТДТН-25/110/35/10 кВ

На ПС-3 ТМН-6,3/35/10 кВ

На ПС-4 ТРДН-25/110/10 кВ

Все трансформаторы снабжены устройством РПН, а трехобмоточные трансформаторы и устройством ПБВ

С учетом потерь в линиях и трансформаторах определена мощность, потребляемая от источника питания ИП и определено напряжение у потребителей согласно расчетной мощности, заданному напряжению от источника питания и схемы замещения.

Составила Орлова Л.М.