**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2**

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПРОСТОЙ ЗАМКНУТОЙ СЕТИ

**Задание:** выполнить электрический расчет радиальной электрической сети, схема которой приведена на рис. 1.

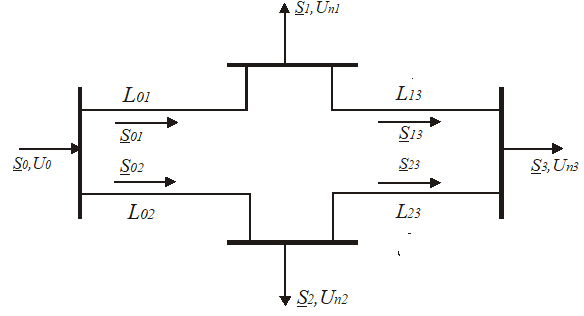


Рис. 1

**Исходные данные:**

1. Коэффициент мощности источника питания cos φ0=0,96.

2. Напряжение источника питания *U* 0 = 121 кВ.

3. Номинальное напряжение на шинах всех электроприёмников

*U* ном  = 10 кВ.

4. По надежности электроснабжения потребители отнесены к 1-ой и 2-ой категориям.

3. Параметры нагрузки и линии электрической сети заданы в табл. 1.

Таблица 1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Параметры нагрузок подстанции 1  *Р* max1, МВт  cos φ1  *Т* max1, час | М | 25  0,81  3400 |
| Параметры нагрузок подстанции 2  *Р* max2, МВт  cos φ2  *Т* max2, час | А | 16  0,81  4200 |
| Параметры нагрузок подстанции 3  *Р* max3, МВт  cos φ3  *Т* max3, час | Р | 27  0,84  3900 |
| Длины линий электропередач *L*, км  ЛЭП-01  ЛЭП-02  ЛЭП-13  ЛЭП-23 | Ф | 47  35  32  28 |

**Решение:**

**1. Выбор числа цепей и сечений проводов ЛЭП**

Потребители первой и второй категорий по условию надежности должны получать электроэнергию не менее, чем с двух сторон. В кольцевой электрической сети этому условию удовлетворяют одноцепные ЛЭП.

На данном этапе расчета потоки мощности в линиях замкнутой электрической сети можно определить приближенно. Расчет следует проводить в режиме максимальных нагрузок.

По известным значениям и  определяем:

* значение реактивной мощности 





* модуль значения полной мощности 





Уравнения для расчета перетоков мощности на “головных” участках сети составляются с использованием второго закона Кирхгофа. Однако, уравнения включают в себя сопротивления линий сети, значения которых пока неизвестны. Чтобы решить поставленную задачу, на данном этапе расчета принимается условие, что сеть однородна, т.е. для всех линий соблюдается соотношение R0/X0 = const. Тогда уравнение для расчета комплексных значений потоков мощности на головном участке, например, ЛЭП-01 примет вид:

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

Аналогично составляется уравнение для расчета мощности в ЛЭП-02.



Правильность расчета мощности на головных участках следует проверить по балансу, когда в каждый момент времени количество мощности, поступающей в сеть, должна быть равна суммарной мощности, получаемой электроприемниками. Здесь баланс мощности представляется уравнением

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

Комплексные значения потоков мощности в распределительных линиях ЛЭП-12 и ЛЭП-23 находятся из уравнений, составленных по 1-ому закону Кирхгофа:

|  |  |
| --- | --- |
| Проверка: |  |
|  |  |

По полученным для каждой ЛЭП потокам мощности рассчитываются значения полного тока и по экономической плотности тока выбираются сечения проводов.

Результаты выбора сечений воздушных ЛЭП сведем в таблицу 2.

Таблица 2

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Участок |  |  |  |  | марка – *F*, мм2 |  |
| 01 | 39,77 | 209 | 209 | 190 | АС-185/29 | 510 |
| 13 | 8,91 | 47 | 47 | 43 | АС-50/8 | 210 |
| 23 | 23,23 | 122 | 122 | 111 | АС-120/19 | 390 |
| 02 | 42,98 | 226 | 226 | 206 | АС-240/32 | 610 |

**2. Проведение необходимых проверок**

Выполняем проверки выбранных сечений проводов по механической прочности, по условию ограничения потерь “на корону” и по допустимым потерям и отклонениям напряжения.

Проверка выбранных сечений “по нагреву” производится током послеаварийного режима, причем из всех возможных послеварийных режимов выбирается такой, при котором по проверяемой линии передается наибольшая мощность. Таким режимом в данной схеме является отключение одного наиболее загруженного головного участка сети, т.е. ЛЭП-01 или ЛЭП-02. В этом случае замкнутая сеть превращается в разомкнутую и состоит из трех последовательных участков.

Например, отключаем участок ЛЭП-02.

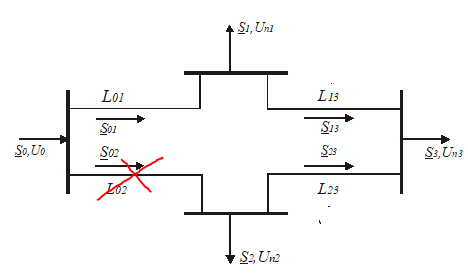


Рис. 2

Тогда по участку ЛЭП-23 передается мощность

*S*23=*S*2=19,75МВА;

по участку ЛЭП-13 передается мощность

*S*13 = *S*2+*S*3= 19,75+32,14=51,89МВА;

по участку ЛЭП-01 передается мощность

*S*01 =*S*1+ *S*2+*S*3= 30,86+51,89=82,75МВА.

Определив перетоки мщности на участках схемы в после аварийном режиме можем определить послеаварийные токи и сравнить их со значениями допустимых длительных токов для выбранных сечений.

Таблица 3

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Участок |  |  | марка – *F*, мм2 |  | Окончательная марка – *F*, мм2 |
| 01 | 82,75 | 434 | АС-185/29 | 510 | АС-185/29 |
| 13 | 51,89 | 272 | АС-120/19 | 390 | АС-120/19 |
| 23 | 19,75 | 104 | АС-120/19 | 390 | АС-120/19 |
| 02 | - | - | АС-240/32 | 610 | АС-240/32 |

Далее производим проверку отключив участок ЛЭП-01.

Тогда по участку ЛЭП-23 передается мощность

*S*13=*S*1=30,86МВА;

по участку ЛЭП-13 передается мощность

*S*23 = *S*1+*S*3= 30,86+32,14=63МВА;

по участку ЛЭП-01 передается мощность

*S*02 =*S*2+ *S*1+*S*3= 19,75+63=82,75МВА.

Таблица 4

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Участок |  |  | марка – *F*, мм2 |  | Окончательная марка – *F*, мм2 |
| 01 | - | - | АС-185/29 | 510 | АС-185/29 |
| 13 | 30,86 | 162 | АС-120/19 | 390 | АС-120/19 |
| 23 | 63 | 331 | АС-120/19 | 390 | АС-120/19 |
| 02 | 82,75 | 434 | АС-240/32 | 610 | АС-240/32 |

Проверке по потерям напряжения воздушные линии 35 кВ и выше не подлежат, так как повышение уровня напряжения путем увеличения сечения проводов по сравнению с применением на понижающих подстанциях трансформаторов с РПН экономически не оправдано.

**3. Выбор трансформаторов на подстанциях**

Выбор числа и мощности трансформаторов для подстанции подробно рассмотрен в ЛР 1. При выполнении ЛР 2 предлагается подробно описать процесс выбора трансформаторов только для одной из трех подстанций, а для остальных привести конечные результаты в одной обобщающей таблице. Таблица составляется таким образом, чтобы в ней был отражен процесс выбора трансформаторов, т.е. кроме паспортных данных в таблице должны быть приведены значения полной мощности нагрузки каждой подстанции  и расчетные мощности трансформаторов. При выборе марки трансформатора обратите внимание на то, что он должен быть понижающим и иметь регулятор напряжения под нагрузкой (РПН).

На подстанции 1 устанавливаем два трансформатора, необходимая мощность каждого из которых



Выбираем на подстанции 1 два трехфазных двухобмоточных трансформатора типа ТДН-25000/110.

На подстанции 2 устанавливаем два трансформатора, необходимая мощность каждого из которых



Выбираем на подстанции 2 два трехфазных двухобмоточных трансформатора типа ТДН-16000/110.

На подстанции 3 устанавливаем два трансформатора, необходимая мощность каждого из которых



Выбираем на подстанции 3 два трехфазных двухобмоточных трансформатора типа ТДН-25000/110.

**4. Составление схемы замещения и определение ее параметров**

Схема замещения, фрагмент которой приводится на рисунке 3, повторяет конфигурацию заданной сети. Схема замещения подстанций 2 и 3 составляются аналогично подстанции 1.

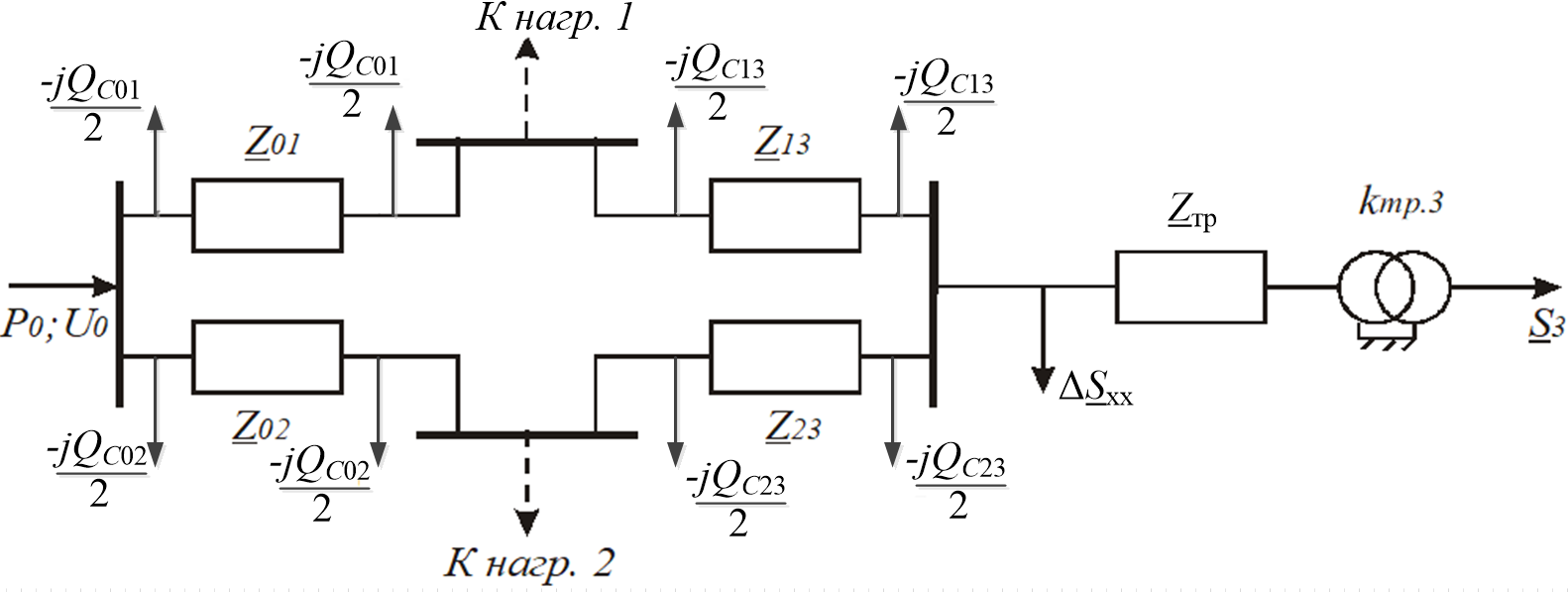


Рис. 3

Определение параметров схем замещения воздушных ЛЭП электрических сетей сведем в таблицу 5.

Таблица 5

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Участок сети | Кол-во цепей ЛЭП | Марка сечение *F*, мм2 провода | *Uном*, кВ | *lуч*, км | *r0*, Ом/км | *х0*, Ом/км | *b0*x10-6, Cм/км | *Rуч*, Ом | *Хуч*, Ом | *Qсуч*, МВар |
| 01 | 1 | АС-185/29 | 110 | 47 | 0,159 | 0,413 | 2,747 | 7,47 | 19,4 | 1,56 |
| 13 | 1 | АС-120/19 | 110 | 32 | 0,244 | 0,427 | 2,658 | 7,81 | 13,7 | 1,03 |
| 23 | 1 | АС-120/19 | 110 | 28 | 0,244 | 0,427 | 2,658 | 6,83 | 11,96 | 0,9 |
| 02 | 1 | АС-240/32 | 110 | 35 | 0,118 | 0,405 | 2,808 | 4,13 | 14,2 | 1,19 |

Определение параметров схем замещения трансформаторов электрических сетей сведем в таблицу 6.

Таблица 6

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/ст | Кол-во трансформаторов | Тип трансформаторов | *Sном тр*, МВА | *∆Рхх*, МВт | *Iхх*, % | *∆Sст*, МВА | *Zтр=Rтр+jХтр*, Ом |
| 1 | 2 | ТДН-25000/110 | 25 | 0,019 | 0,7 | 0,038+j0,35 | 2,19+43,35 |
| 2 | 2 | ТДН-16000/110 | 16 | 0,019 | 0,7 | 0,038+j0,224 | 2,19+43,35 |
| 3 | 2 | ТДН-25000/110 | 25 | 0,019 | 0,7 | 0,038+j0,35 | 2,19+43,35 |