1. ВЫБОР СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ СТАНЦИИ
   1. Расчет перетоков мощности в структурной схеме

Найдем перетоки мощности в схеме 1 (рисунок 1).



Рисунок 1 – Структурная схема ГРЭС (вариант №1)

Определим мощность протекающую через блочный трансформатор



где – активная и реактивная мощности турбогенератора; – активная и реактивная мощности собственных нужд.



Таблица 1.1 – Справочные данные турбогенератора

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип турбогенератора | Номинальная мощность | |  |  |  |
|  |  |
| ТВВ-160-2ЕУ3 | 188 | 160 | 18 | 0.85 | 0.213 |



Подставив значения в формулу (1.1), получим

.



Из условия , выбираем блочные трансформаторы, данные которых сведены в таблицу 1.2.



Таблица 1.2 – Данные трансформатора

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Тип трансформатора |  | Потери, кВ | |  | Цена, тыс. руб. |
|  |  |
| 110 | ТДЦ 200000/110 | 200 | 170 | 550 | 10.5 | 222 |
| 220 | ТДЦ 200000/220 | 200 | 130 | 660 | 11 | 253 |

Произведем расчет перетока при максимальной мощности нагрузки , получим



где – количество блоков на среднем напряжении; – реактивная мощность нагрузки.



Подставив значения в формулу (1.2), получим

.



Произведем расчет перетока при минимальной мощности нагрузки , получим



где – реактивная мощность нагрузки.



Подставив значения в формулу (1.3), получим

.



Произведем расчет перетока в аварийном режиме при максимальной мощности нагрузки , получим



Подставив значения в формулу (1.4), получим



.



Так как в аварийном режиме при максимальной мощности нагрузки, то мощность потребляется от энергосистемы.



Определим перетоки находящиеся за автотрансформатором на высшем напряжении

.



Определим максимальный переток: .



Выберим автотрансформаторы связи по формуле

, (1.5)



где – максимальный переток; – коэффициент перегрузки ().



.



Таблица 1.3 – Данные автотрансформатора

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип автотрансформатора | |  | | |  |  | Потери, кВ | | Цена, тыс. руб. |
| ВС | ВН | НН |  |  |
| АТДЦТН 250000/220/110 | 11 | 32 | 20 | 250 | 100 | 120 | 500 | 324 |



Найдем перетоки мощности в схеме 2 (рисунок 2).

Рисунок 2 – Структурная схема ГРЭС (вариант №2)

Произведем расчет перетока при максимальной мощности нагрузки , по формуле (1.2)



.



Произведем расчет перетока при минимальной мощности нагрузки , по формуле (1.3)



.



Произведем расчет перетока в аварийном режиме при максимальной мощности нагрузки , по формуле (1.4)



.



Определим перетоки находящиеся за автотрансформатором на высшем напряжении

.



Определим максимальный переток: .



Выберим автотрансформаторы связи по формуле (1.5)



Выберим автотрансформатор типа АТДЦТН 250000/220/110 (таблица 1.3).

* 1. Выбор подключения резервных трансформаторов и трансформаторов собственных нужд

Так как присутствуют генераторные выключатели, то мощность трансформаторов собственных нужд примем равным мощности резервного трансформатора собственных нужд

(1.6)



где – мощность собственных нужд, %.



.



.



Таблица 1.4 – Трансформаторы собственных нужд

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № схемы |  | Тип трансформатора |  |  | Цена, тыс. руб. |
| 1 | ТСН | ТРДНС 25000/35 | 25 | 115 | 62 |
| РТСН |
| 2 | ТСН | ТРДНС 25000/35 | 25 | 115 | 62 |
| РТСН |

1.3. Определение потерь энергии в трансформаторах и автотрансформаторах

Потери в блочных трансформаторах

(1.7)



где – потери холостого хода; – потери короткого замыкания; – время ремонта блока; – номинальная мощность трансформатора; – максимальная мощность протекающая через трансформатор; – время максимальных потерь [1].



На стороне среднего напряжения

;



на стороне высшего напряжения

.



Потери в автотрансформаторе при не подключенном генераторе на низшем напряжении рисунок 1

. (1.8)



.



Потери в автотрансформаторе при не подключенном генераторе на низшем напряжении рисунок 2 по формуле (1.8)

.



1.4. Определение суммарных потерь

Суммарные потери в схеме 1 по формуле (1.9)

(1.9)



.



Определим стоимость годовых потерь электроэнергии по формуле (2.0)

, (2.0)



где – себестоимость электроэнергии.



.



Суммарные потери в схеме 2 по формуле (1.9)

.



Определим стоимость годовых потерь электроэнергии по формуле (2.0)

.



1.5. Расчет технико-экономических показаний для выбора варианта структурной схемы

Для расчета технико-экономических показаний необходимо выбрать не только трансформаторы, но и выключатели, которые находятся по максимально рабочему току ().



Выберим выключатели на высшем напряжении (220 кВ) по формуле (2.1)

, (2.1)



где – номинальное напряжение.



.



Выберим выключатели на среднем напряжении (110 кВ) по формуле (2.1)

.



Выберим выключатели на низшем напряжении (генераторном) по формуле (2.1)

.



Сведем расчетные данные трансформаторов и выключателей в таблице 1.5, 1.6 для расчета капитальных затрат.

Таблица 1.5 – Расчет капитальных затрат вариант схемы 1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наименование оборудования | Количество, ед. | Стоимость, тыс. руб. | Сумма, тыс. руб. |
| 1. Блочный трансформатор: ТДЦ 200000/220 | 2 | 253 | 506 |
| ТДЦ 200000/110 | 2 | 222 | 444 |
| 2. Автотрансформатор связи:  АТДЦТН 250000/220/110 | 2 | 324 | 648 |
| 3. ТСН: ТРДНС 25000/35 | 4 | 62 | 248 |
| 4. РТНС: ТРДНС 25000/35 | 1 | 62 | 62 |
| 5. Выключатели высоковольтные:  ВВБК-220Б-56/3150У1 | 4 | 33.76 | 135.04 |
| ВВБК-110Б-50/3150У1 | 4 | 26 | 104 |
| 6. Выключатели генераторные: МГУ-20-90/6300 | 4 | 4.51 | 18.04 |
| 7. Выключатель РТСН: МГУ-20-90/6300 | 1 | 4.51 | 4.51 |
| **ИТОГО** | ------ | ------ | **2169.59** |

Таблица 1.6 – Расчет капитальных затрат вариант схемы 2

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наименование оборудования | Количество, ед. | Стоимость, тыс. руб. | Сумма, тыс. руб. |
| 1. Блочный трансформатор: ТДЦ 200000/220 | 1 | 253 | 253 |
| ТДЦ 200000/110 | 3 | 222 | 666 |
| 2. Автотрансформатор связи:  АТДЦТН 250000/220/110 | 2 | 324 | 648 |
| 3. ТСН: ТРДНС 25000/35 | 4 | 62 | 248 |
| 4. РТНС: ТРДН 25000/35 | 1 | 62 | 62 |
| 5. Выключатели высоковольтные:  ВВБК-220Б-56/3150У1 | 3 | 33.76 | 101.28 |
| ВВБК-110Б-50/3150У1 | 5 | 26 | 130 |
| 6. Выключатели генераторные: МГУ-20-90/6300 | 4 | 4.51 | 18.01 |
| 7. Выключатель РТСН: МГУ-20-90/6300 | 1 | 4.51 | 4.51 |
| **ИТОГО** | ------ | ------ | **2130.8** |

Для оценки эффективности схем электрической станции примем минимум приведенных затрат

, (2.2)



где – нормативный коэффициент; – амортизационные отчисления; – капитальные затраты в станцию; – суммарные расходы.



Произведем оценку эффективности схемы 1 по формуле (2.2)

.



Произведем оценку эффективности схемы 2 по формуле (2.2)

.



Определим различимость вариантов схем по формуле (2.3)

. (2.3)



Так как , то варианты схем являются почти не различимыми, а, следовательно, выберим схему 2.



Потому что схема является более надежной с точки зрения эффективности.

1. РАСЧЕТ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ

2.1. Выбор базисных условий

Расчет проводим в относительных единицах, используя приближенные приведения к одной ступени напряжения, при базисных условий: , .



Базисное напряжение: .



Базисные токи:



.



2.2. Определение параметров электрической схемы замещения

Электрическая схема замещения станции ГРЭС (рисунок 2) с указанием аварийных узлов представлена на рисунок 3.



2.3. Вычисления режимных параметров

Так как на всех ступенях напряжения, то величины ЭДС в относительных базисных к номинальным единицам равны: . Значение ЭДС приняты из [2, таблица 6.1].



2.4. Определение системных параметров



Определим количество ЛЭП и сечение проводов

;



,



где – максимальный переток в систему; – придельная мощьность линии [1].



.



Выберим провод АС 240/39.

; .



2.5. Расчет симметричного короткого замыкания в узле К-1

Преобразуем схему замещения (рисунок 3) к простейшему виду (рисунок 3, а).



(рисунок 3, б);



;



(рисунок 3, в);



(рисунок 3, г);



(рисунок 3, д);



(рисунок 3, е);



(рисунок 3, а).



Искомая величина периодической составляющей аварийного тока от эквивалентной системы

.



Начальное значение периодической слагающей аварийного тока от генераторов

.



Искомый аварийный ток

.



Номинальный приведенный ток группы генераторов

, где



.



Определим отношение

.



По типовым (основным) кривым [2, рисунок 3.26] для определим отношение .



Искомый аварийный ток от генераторов

.



Искомый аварийный ток в месте КЗ

.



Определим ток апериодической составляющей по формуле (2.4)

, (2.4)



где – время срабатывания выключателя; для системы [3]; для генератора .



Определим ударный ток по формуле (2.5)

, (2.5)



где для системы [3]; для генератора .



Определим процентное содержание апериодического тока

.



Определим интеграл Джоуля

, где



,



где – относительный интеграл Джоуля.



.



Результаты расчета всех точек короткого замыкания сведем в таблицу 2.1.

Таблица 2.1 – Результаты расчетов токов короткого замыкания

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Точка КЗ | источник |  |  |  |  |  |  |
| К-1  шины  220 кВ | Генер.+бл. тр-ор | 1.7 | 1.63 | 2.1 | 4.7 | 42.8 | 6.39 |
| Система | 6.8 | 6.8 | 3 | 16.5 |
| Сумма | 8.5 | 8.43 | 5.1 | 21.5 |
| К-2  шины  110 кВ | Генер.+бл. тр-ор | 10.3 | 9.9 | 2.5 | 28.3 | 47.1 | 55.6 |
| Система | 7.6 | 7.6 | 9.3 | 17.1 |
| Сумма | 17.9 | 17.5 | 11.8 | 45.4 |
| К-3  шины  генератора | Генер.+бл. тр-ор | 32.1 | 23.4 | 30.1 | 88.7 | 91.8 | 1854.7 |
| Система | 35.9 | 35.9 | 3.5 | 92.9 | 6.9 | 5232.6 |
| Сумма | 68 | 59.3 | 33.6 | 181.6 | 98.7 | 7087.3 |
| К-4  шины  генератора | Генер.+бл. тр-ор | 32.1 | 23.4 | 30.1 | 88.7 | 91.8 | 1854.7 |
| Система | 38.7 | 38.7 | 3.8 | 100.2 | 7.01 | 6054.6 |
| Сумма | 70.8 | 62.1 | 33.9 | 188.9 | 98.81 | 7935.3 |
| К-5 | Система | 48.6 | 48.6 | 4.7 | 125.9 | 6.9 | 9589.6 |