

Содержание

| | |
|---|----|
| Введение..... | 3 |
| 1. Расчет графиков нагрузки потребителей и мощности подстанций..... | 4 |
| 1.1 Расчет графиков нагрузки потребителей..... | 4 |
| 1.2 Расчет мощности подстанции..... | 9 |
| 2. Выбор силовых трансформаторов..... | 10 |
| 3. Выбор проводов ЛЭП..... | 14 |
| 4. Выбор схем соединений подстанции..... | 16 |
| 4.1 Выбор распределительного устройства высшего напряжения..... | 16 |
| 4.2 Выбор распределительного устройства среднего напряжения..... | 16 |
| 4.3 Выбор распределительного устройства низшего напряжения..... | 17 |
| 5. Расчет токов короткого замыкания..... | 18 |
| 6. Выбор оборудования..... | 23 |
| 6.1 Выбор силовых выключателей..... | 23 |
| 6.2 Выбор разъединителей..... | 27 |
| 6.3 Выбор трансформаторов тока..... | 28 |
| 6.4 Выбор трансформаторов напряжения..... | 30 |
| Заключение..... | 32 |
| Список использованных источников..... | 33 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------------------|-------------|-----------------|----------------|------------|---|--|--|---------------------------------|-------------|---------------|----|--|
| | | | | | ПП130302.00.00.00.000ПЗ | | | | | | | |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дат</i> | | | | | | | | |
| <i>Разраб.</i> | | | | <i>а</i> | <i>Преддипломная практика Пояснительная записка</i> | | | <i>Лит.</i> | <i>Лист</i> | <i>Листов</i> | | |
| <i>Провер.</i> | | | | | | | | | | 2 | 27 | |
| <i>Н. Контр.</i> | | | | | | | | <i>ТулГУ, каф. Э, гр 121591</i> | | | | |
| <i>Утверд.</i> | | | | | | | | | | | | |

Введение

Электроснабжение потребителей относящихся к различным категориям в отношении надежности обеспечения электрической энергией должно осуществляться в соответствии с требованиями общих правил ПУЭ. От характеристики потребителей электрической энергии зависит количество питающих фидеров и схема системы электроснабжения.

Правильный расчет электрических нагрузок может быть произведен только после тщательного сбора и обработки информации о потребителях электрической энергии, местах размещения производственного оборудования, анализе информации об условиях технологического процесса и различных непроизводственных факторов.

Выбор рациональной схемы электроснабжения с возможностью изменения режима работы в зависимости от производственной и аварийной необходимости является главной задачей на стадии выбора схемы и конструкции РУ и ТП предприятия.

Условия электроснабжения (уровень напряжения, способ прокладки линий, конструкция РУ и ТП) определяются климатическими особенностями и функционалом схемы электроснабжения предприятия.

При выборе оборудования системы электроснабжения, помимо технических аспектов, должны учитываться экономические факторы и целесообразность применения того или иного вида оборудования в зависимости от его функциональных особенностей.

Особенно важна позиция унификации оборудования распределительных сетей системы электроснабжения на одном предприятии или даже отрасли, для облегчения условий работы оперативного и ремонтного персонала.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|-----|-------------------------|------|
| | | | | | ПП130302.00.00.00.000ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дат | | 3 |
| | | | | а | ТА | |

1. Расчёт графиков нагрузки потребителей и мощности подстанции

1.1 Расчёт графиков нагрузки потребителей

Рассмотрим потребитель первой категории - предприятие чёрной металлургии.

Полная потребляемая мощность (согласно заданию): $S_{\max 1} = 80$ МВА.

Для расчёта будем использовать графики нагрузки и коэффициента мощности предприятия чёрной металлургии [2].

Коэффициент мощности [2]: $\cos\varphi_1 = 0,94$.

Максимальная активная мощность:

$$P_{\max 1} = S_{\max 1} \cdot \cos\varphi_1, \quad (1.1)$$

$$P_{\max 1} = 80 \cdot 0,94 = 75,2 \text{ МВт.}$$

Максимальная реактивная мощность:

$$Q_{\max 1} = \sqrt{S_{\max 1}^2 - P_{\max 1}^2}, \quad (1.2)$$

$$Q_{\max 1} = \sqrt{80^2 - 75,2^2} = 27,29 \text{ МВАр.}$$

Так как трансформаторы и другое оборудование выбирается по средней нагрузке в наиболее загруженную смену, то для начала построим график нагрузки данной отрасли в графической (рис. 1.1.) и табличной формах (табл. 1.1).

P_i и Q_i (%) берутся из графиков нагрузки предприятия чёрной металлургии [2].

$$P_i \text{ (МВт)} = \frac{P_{\max 1} \cdot P_i}{100}, \quad (1.3)$$

$$Q_i \text{ (МВАр)} = \frac{Q_{\max 1} \cdot Q_i}{100}, \quad (1.4)$$

$$S_i \text{ (МВА)} = \sqrt{P_i^2 + Q_i^2}. \quad (1.5)$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|-----|-------------------------|------|
| | | | | | ПП130302.00.00.00.000ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дат | | 3 |
| | | | | а | ТА | |

Таблица 1.1. Нагрузка предприятия черной металлургии

| Интервал времени, Δt_i ч | $P_i, \%$ | $P_i, \text{МВт}$ | $Q_i, \%$ | $Q_i, \text{МВАр}$ | $S_i, \text{МВА}$ |
|----------------------------------|-----------|-------------------|-----------|--------------------|-------------------|
| 0...1 | 83 | 62,42 | 88 | 24,02 | 66,88 |
| 1...2 | 83 | 62,42 | 88 | 24,02 | 66,88 |
| 2...3 | 83 | 62,42 | 88 | 24,02 | 66,88 |
| 3...4 | 85 | 63,92 | 92 | 25,11 | 68,67 |
| 4...5 | 87 | 65,42 | 92 | 25,11 | 70,08 |
| 5...6 | 87 | 65,42 | 95 | 25,93 | 70,37 |
| 6...7 | 86 | 64,67 | 95 | 25,93 | 69,67 |
| 7...8 | 93 | 69,94 | 95 | 25,93 | 74,59 |
| 8...9 | 100 | 75,20 | 100 | 27,29 | 80,00 |
| 9...10 | 100 | 75,20 | 100 | 27,29 | 80,00 |
| 10...11 | 100 | 75,20 | 100 | 27,29 | 80,00 |
| 11...12 | 95 | 71,44 | 95 | 25,93 | 76,00 |
| 12...13 | 95 | 71,44 | 95 | 25,93 | 76,00 |
| 13...14 | 80 | 60,16 | 90 | 24,56 | 64,98 |
| 14...15 | 80 | 60,16 | 90 | 24,56 | 64,98 |
| 15...16 | 97 | 72,94 | 98 | 26,74 | 77,69 |
| 16...17 | 97 | 72,94 | 98 | 26,74 | 77,69 |
| 17...18 | 95 | 71,44 | 98 | 26,74 | 76,28 |
| 18...19 | 95 | 71,44 | 98 | 26,74 | 76,28 |
| 19...20 | 95 | 71,44 | 92 | 25,11 | 75,72 |
| 20...21 | 90 | 67,68 | 88 | 24,02 | 71,81 |
| 21...22 | 90 | 67,68 | 88 | 24,02 | 71,81 |
| 22...23 | 85 | 63,92 | 88 | 24,02 | 68,28 |
| 23...24 | 85 | 63,92 | 88 | 24,02 | 68,28 |

Рассмотрим потребитель третьей категории - сельхозпредприятие.

Полная потребляемая мощность (согласно заданию): $S_{\max 2} = 20 \text{ МВА}$.

Для расчёта будем использовать графики нагрузки и коэффициента мощности предприятий пищевой промышленности [2].

Коэффициент мощности (с учетом компенсации реактивной мощности потребителей): $\cos\varphi_2 = 0,95$.

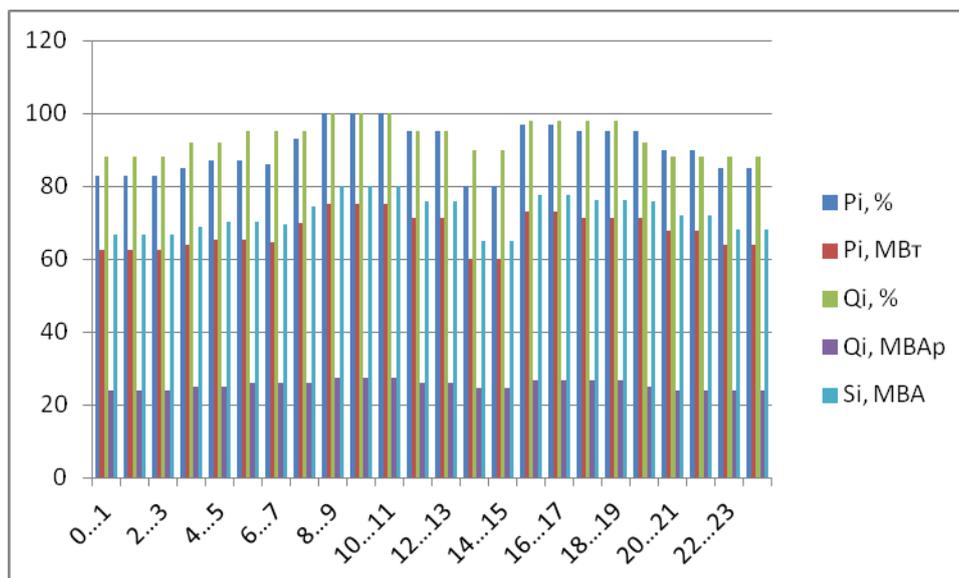


Рис. 1.1. Суточный график активной и реактивной нагрузки для предприятия черной металлургии.

Максимальная активная мощность находится по формуле (1.1):

$$P_{\max 2} = 19 \text{ МВт.}$$

Максимальная реактивная мощность находится по формуле (1.2):

$$Q_{\max 2} = \sqrt{20^2 - 19^2} = 6,24 \text{ МВАр.}$$

Построим график нагрузки данной отрасли в графической (рис. 1.2.) и табличной формах (табл. 1.2.). Расчёт производится аналогично расчёту нагрузки предприятия черной металлургии.

Таблица 1.2. Нагрузка сельхозпредприятия

| Интервал времени, Δt ч | Pi, % | Pi, МВт | Qi, % | Qi, МВАр | Si, МВА |
|------------------------|-------|---------|-------|----------|---------|
| 0...1 | 67 | 12,73 | 56 | 3,49 | 13,20 |
| 1...2 | 68 | 12,92 | 56 | 3,49 | 13,38 |
| 2...3 | 67 | 12,73 | 56 | 3,49 | 13,20 |
| 3...4 | 66 | 12,54 | 52 | 3,24 | 12,95 |
| 4...5 | 67 | 12,73 | 54 | 3,37 | 13,17 |
| 5...6 | 67 | 12,73 | 56 | 3,49 | 13,20 |
| 6...7 | 66 | 12,54 | 50 | 3,12 | 12,92 |
| 7...8 | 80 | 15,20 | 74 | 4,62 | 15,89 |
| 8...9 | 95 | 18,05 | 96 | 5,99 | 19,02 |

| | | | | | |
|---------|-----|-------|-----|------|-------|
| 9...10 | 100 | 19,00 | 100 | 6,24 | 20,00 |
| 10...11 | 98 | 18,62 | 98 | 6,12 | 19,60 |
| 11...12 | 97 | 18,43 | 89 | 5,55 | 19,25 |
| 12...13 | 95 | 18,05 | 97 | 6,05 | 19,04 |
| 13...14 | 97 | 18,43 | 98 | 6,12 | 19,42 |
| 14...15 | 92 | 17,48 | 93 | 5,80 | 18,42 |
| 15...16 | 88 | 16,72 | 90 | 5,62 | 17,64 |
| 16...17 | 89 | 16,91 | 87 | 5,43 | 17,76 |
| 17...18 | 90 | 17,10 | 86 | 5,37 | 17,92 |
| 18...19 | 88 | 16,72 | 85 | 5,30 | 17,54 |
| 19...20 | 87 | 16,53 | 81 | 5,05 | 17,29 |
| 20...21 | 86 | 16,34 | 85 | 5,30 | 17,18 |
| 21...22 | 81 | 15,39 | 81 | 5,05 | 16,20 |
| 22...23 | 75 | 14,25 | 63 | 3,93 | 14,78 |
| 23...24 | 67 | 12,73 | 52 | 3,24 | 13,14 |

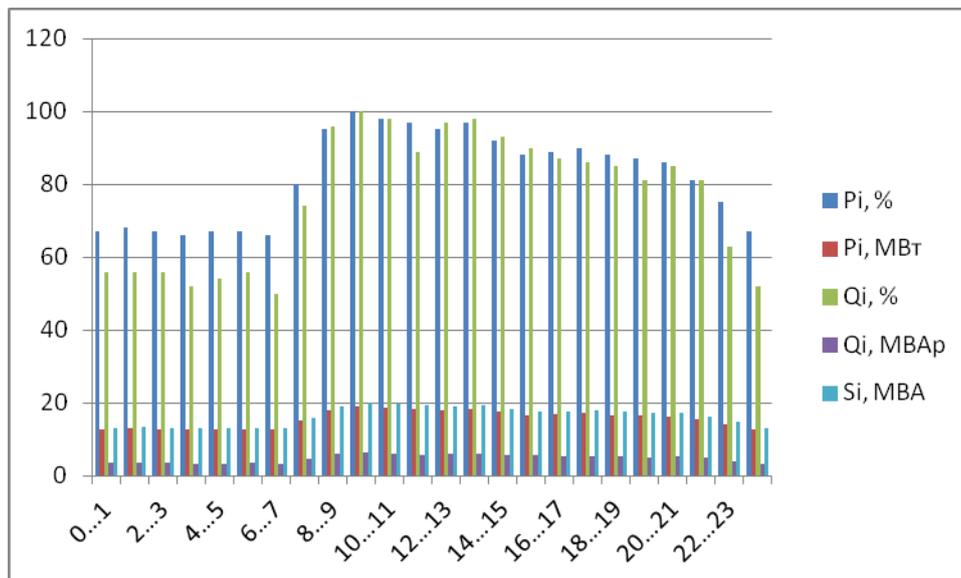


Рис. 1.2. Суточный график активной и реактивной нагрузки для сельхозпереработки.

Таблица 1.3. Суммарные мощности подстанции

| t_i , ч | P_{Σ} , МВт | Q_{Σ} , МВАр | S_{Σ} , МВА |
|-----------|--------------------|---------------------|--------------------|
| 0...1 | 75,15 | 27,51 | 80,02 |
| 1...2 | 75,34 | 27,51 | 80,20 |
| 2...3 | 75,15 | 27,51 | 80,02 |
| 3...4 | 76,46 | 28,35 | 81,55 |
| 4...5 | 78,15 | 28,48 | 83,18 |
| 5...6 | 78,15 | 29,42 | 83,51 |

| | | | |
|---------|-------|-------|-------|
| 6...7 | 77,21 | 29,05 | 82,49 |
| 7...8 | 85,14 | 30,54 | 90,45 |
| 8...9 | 93,25 | 33,28 | 99,01 |
| 9...10 | 94,20 | 33,53 | 99,99 |
| 10...11 | 93,82 | 33,41 | 99,59 |
| 11...12 | 89,87 | 31,48 | 95,22 |
| 12...13 | 89,49 | 31,98 | 95,03 |
| 13...14 | 78,59 | 30,68 | 84,36 |
| 14...15 | 77,64 | 30,36 | 83,37 |
| 15...16 | 89,66 | 32,36 | 95,32 |
| 16...17 | 89,85 | 32,17 | 95,44 |
| 17...18 | 88,54 | 32,11 | 94,18 |
| 18...19 | 88,16 | 32,05 | 93,80 |
| 19...20 | 87,97 | 30,16 | 93,00 |
| 20...21 | 84,02 | 29,32 | 88,99 |
| 21...22 | 83,07 | 29,07 | 88,01 |
| 22...23 | 78,17 | 27,95 | 83,02 |
| 23...23 | 76,65 | 27,26 | 81,35 |

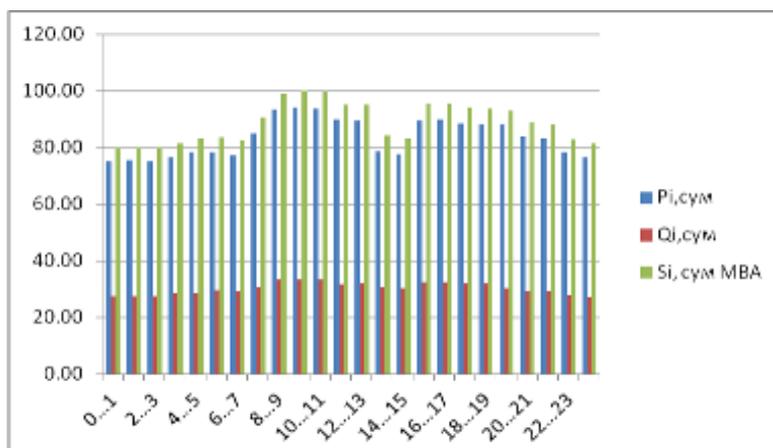


Рис. 1.3. Суточный график активной и реактивной нагрузки подстанции.

Полная средняя мощность:

$$S_{\text{ср1}} = \frac{\sum_0^{24} S_i \cdot \Delta t_i}{24}, \quad (1.6)$$

предприятие черной металлургии: $S_{\text{ср1}}=72,49$ МВА,

сельхозпредприятия: $S_{\text{ср2}}=16,34$ МВА,

подстанция в целом: $S_{\text{ср}}=88,80$ МВА.

Активная средняя мощность:

$$P_{\text{ср}i} = \frac{\sum_0^{24} P_i \cdot \Delta t_i}{24}, \quad (1.7)$$

предприятие черной металлургии: $P_{\text{ср}1} = 67,87$ МВт,

сельхозпредприятия: $P_{\text{ср}2} = 15,62$ МВт,

подстанция в целом: $P_{\text{ср}} = 83,49$ МВт.

Число часов использования максимума:

$$T_{\text{max}i} = \frac{\sum_0^{24} P \cdot \Delta t_i}{P_{\text{max}i}} \cdot 365, \quad (1.8)$$

предприятие черной металлургии: $T_{\text{max}1} = 7905$,

сельхозпредприятие: $T_{\text{max}2} = 7201,45$,

подстанция: $T_{\text{max}\Sigma} = 7763,81$.

1.2 Расчёт мощности подстанции

Мощность подстанции рассчитывается по формуле (1.9).

$$S_{\text{п/ст}} = S_{\text{ср}} + S_{\text{с.н.}}, \quad (1.9)$$

где $S_{\text{ср}}$ - полная средняя мощность подстанции;

$S_{\text{с.н.}}$ - полная мощность потребляемая для собственных нужд.

Мощность собственных нужд потребляется с низкого напряжения подстанции (10 кВ), где питается сельхозпредприятие.

Нагрузка собственных нужд составляет 4 % от мощности потребителей:

$$S_{\text{с.н.}} = 0,04 \cdot S_{\text{ср}}, \quad (1.10)$$

$$S_{\text{с.н.}} = 0,04 \cdot 88,8 = 3,6 \text{ МВА.}$$

Мощность подстанции составляет:

$$S_{\text{п/ст}} = 88,8 + 3,6 = 92,4 \text{ МВА.}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|-----|-------------------------|------|
| | | | | | ПП130302.00.00.00.000ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дат | | 3 |
| | | | | а | ТА | |

2. Выбор силовых трансформаторов

Выбор числа трансформаторов на подстанции определяется категорией потребителя. От рассчитываемой в данном курсовом проекте подстанции питаются потребители: первой и третьей категории. Согласно [1] для потребителя первой категории необходимо два независимых источника, а для третьей категории - достаточно одного.

Рассмотрим два варианта выбора трансформатора для заданной подстанции.

1. Два трехобмоточных трансформатора

ВН - обмотка высшего напряжения (110 кВ), мощность подключенная на данную обмотку равна 88,8 МВА.

СН - обмотка среднего напряжения (35 кВ), мощность подключенная на данную обмотку равна 72,79 МВА.

НН - обмотка низкого напряжения (10 кВ), мощность подключенная на данную обмотку равна 16,34 МВА.

С.Н. - мощность затрачиваемая на собственные нужды подстанции (3,6 МВА).

Номинальная мощность одного трансформатора находится по формуле (2.1):

$$S_{\text{расч}} = \frac{S_{\text{П/СТ}}}{2 \cdot 0,7}, \quad (2.1)$$

$$S_{\text{расч}} = 66 \text{ МВА.}$$

Исходя из найденных значений, выберем два трехобмоточных трансформатора одного типа и занесем их в табл. 2.1.

Таблица 2.1. Трехфазные трехобмоточные трансформаторы 110 кВ

| Параметры | Величина |
|---|------------------|
| Марка трансформатора | ТДТН - 80000/110 |
| Номинальная мощность $S_{\text{ном}}$, МВА | 80 |

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|-----|-------------------------|-----------|
| | | | | | ПП130302.00.00.00.000ПЗ | Лист 3 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дат | | |
| | | | | | ТА | |

| | |
|---|-------------|
| Напряжение ВН $U_{ном\ вн}$, кВ | 115 |
| Напряжение СН $U_{ном\ сн}$, кВ | 38,5 |
| Напряжение НН $U_{ном\ нн}$, кВ | 11 |
| Потери мощности холостого хода ΔP_0 , кВт | 40 |
| Потери при коротком замыкании ΔP_k , кВт | 310 |
| Ток холостого хода I_0 , % | 0,23 |
| Напряжение короткого замыкания U_k в-с , U_k в-н , U_k с-н , % | 10,5; 17; 6 |
| Цена Стр1 , тыс. руб. | 154 |
| Количество n , шт. | 2 |

2. Три двухобмоточных трансформатора (рис. 2.2).

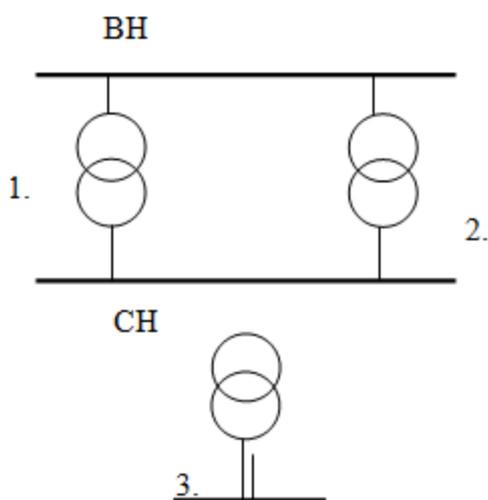


Рис. 2.2. Второй вариант выбора трансформаторов.

Номинальная мощность трансформатора Т1 и Т2 находится по формуле (2.1):

$$S_{расч} = 66 \text{ МВА.}$$

Номинальная мощность трансформатора Т3 находится по формуле (2.2).

$$S_{расч} = S_{ср2} + S_{с.н.}, \quad (2.2)$$

$$S_{расч} = 19,94 \text{ МВА.}$$

Исходя из найденных значений, выберем три двухобмоточных трансформаторов (первый и второй одного типа) и занесем их в табл. 2.2.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|-----|-------------------------|------|
| | | | | | ПП130302.00.00.00.000ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дат | ТА | 3 |
| | | | | | | |

Таблица 2.2. Трехфазные двухобмоточные трансформаторы 110 кВ и 35 кВ.

| Параметры | Величина | |
|---|----------------------|-----------------|
| | Марка трансформатора | ТДН - 80000/110 |
| Номинальная мощность $S_{ном}$, МВА | 80 | 25 |
| Напряжение ВН $U_{ном вн}$, кВ | 115 | 38,5 |
| Напряжение НН $U_{ном нн}$, кВ | 38,5 | 6,6 |
| Потери мощности холостого хода ΔP_0 , кВт | 40 | 25 |
| Потери при коротком замыкании ΔP_k , кВт | 310 | 120 |
| Ток холостого хода I_0 , % | 0,23 | 0,65 |
| Напряжение короткого замыкания U_k , % | 10,5 | 10,5 |
| Цена Стр2, тыс. руб. | 155 | 112 |
| Количество n , шт. | 2 | 1 |

Произведем экономический расчет обоих вариантов выбора трансформаторов и выберем вариант при котором капитальные затраты будут меньше.

Капитальные затраты для первого варианта находятся по формуле (2.3).

$$K_1 = \sum C_{тр1}, \quad (2.3)$$

$$K_1 = 308 \text{ тыс.руб.}$$

Капитальные затраты для второго варианта находятся по формуле (2.3).

$$K_2 = 422 \text{ тыс.руб.}$$

Разница в затратах составляет около 37 %, т.е. к установке принимаем первый вариант выбора трансформаторов.

Произведем расчет коэффициентов загрузки для выбранных трансформаторов.

Коэффициент загрузки в нормальном режиме:

$$K_3 = S_{п/ст} / 2 \cdot S_{ном тр}, \quad (2.4)$$

$$K_3 = 0,56.$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|-----|-------------------------|------|
| | | | | | ПП130302.00.00.00.000ПЗ | Лист |
| | | | | | | 3 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дат | ТА | |

Коэффициент загрузки в аварийном режиме (при отключении одного из трансформатора):

$$K_{з.ав} = (S_{п/ст} - S_{ср2}) / S_{ном тр} , \quad (2.5)$$

$$K_{з.ав} = 0,91.$$

Аварийная перегрузка допускается в исключительных случаях и регламентируется ГОСТом по току в зависимости от длительности перегрузки на величину коэффициента допустимой перегрузки. Длительная перегрузка допускается током превышающим 5 % значения номинального тока, если при этом напряжение ни на одной из обмоток не превышает номинального.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|-----|-------------------------|------|
| | | | | | ПП130302.00.00.00.000ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дат | | 3 |
| | | | | а | ТА | |

3.Выбор проводов ЛЭП

Выберем провод марки АС (сталеалюминиевый).

1. Выбор сечения провода по допустимой нагрузке.

Максимальный расчетный ток:

$$I_{pmax} = S_{п/ст} / \sqrt{3} \cdot U_n, \quad (3.1)$$

где U_n - номинальное напряжение (110 кВ).

$$I_{pmax} = 466 \text{ А.}$$

Расчетный ток:

$$I_p = I_{pmax} / 2, \quad (3.2)$$

$$I_p = 233 \text{ А.}$$

Выберем сечение провода по максимальному расчетному току (вне помещения) [1]: $S = 185 \text{ мм}^2$ - доп. ток - 520 А.

2. Выбор сечения провода по экономической плотности тока.

Экономически целесообразное сечение:

$$S_{эк} = I_p / j_{эк}, \quad (3.3)$$

где $j_{эк}$ - нормированное значение экономической плотности тока [1].

$$j_{эк} = 1 \text{ А/мм}^2.$$

$$S_{эк} = 233 \text{ мм}^2.$$

Выберем сечение провода [1]: $S = 240 \text{ мм}^2$.

3. Для того чтобы не учитывать потери на корону для ЛЭП 110 кВ и выше существуют рекомендованные минимальные сечения проводов (для ЛЭП 110 кВ - 70 мм^2).

Из найденных значений сечения выбираем наибольшее - 240 мм^2 .

4. Проверка по падению напряжения.

Падение напряжения не должно превышать 5 %.

Падение напряжения рассчитывается по формуле (3.4).

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|-----|-------------------------|------|
| | | | | | ПП130302.00.00.00.000ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дат | | 3 |
| | | | | а | ТА | |

$$\Delta U_{\text{расч.}} = \frac{\sqrt{3} \cdot I_p}{U_n} \cdot 100 \% \cdot (R_{\text{л}} \cdot \cos\varphi + X_{\text{л}} \cdot \sin\varphi), \quad (3.4)$$

где $R_{\text{л}}$ - активное сопротивление ЛЭП,

$X_{\text{л}}$ - индуктивное сопротивление ЛЭП.

$$\cos\varphi = P_{\text{ср}} / S_{\text{ср}}, \quad (3.5)$$

$$\cos\varphi = 0,9, \sin\varphi = 0,4.$$

$$R_{\text{л}} = r_0 \cdot l, \quad (3.6)$$

где r_0 - удельное активное сопротивление линии (для АС - 240 - 0,118 Ом),

x_0 - удельное реактивное сопротивление линии (для АС - 240 - 0,407 Ом),

l - длина линии (по заданию на проектирование).

$$X_{\text{л1}} = x_0 \cdot l, \quad (3.7)$$

$$R_{\text{л1}} = 0,118 \cdot 12 = 1,4 \text{ Ом}, X_{\text{л1}} = 0,4 \cdot 12 = 4,8 \text{ Ом}.$$

$$R_{\text{л2}} = 0,118 \cdot 6 = 0,7 \text{ Ом}, X_{\text{л2}} = 0,4 \cdot 6 = 2,4 \text{ Ом}.$$

$$\Delta U_{\text{расч.1}} = \frac{\sqrt{3} \cdot 233}{110 \cdot 10^3} \cdot 100 \cdot (1,4 \cdot 0,9 + 4,8 \cdot 0,4) = 1,16 \% .$$

$$\Delta U_{\text{расч.2}} = \frac{\sqrt{3} \cdot 233}{110 \cdot 10^3} \cdot 100 \cdot (0,7 \cdot 0,9 + 2,4 \cdot 0,4) = 0,58 \% .$$

Условие падения напряжения выполняется.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|-----|-------------------------|------|
| | | | | | ПП130302.00.00.00.000ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дат | | 3 |
| | | | | а | ТА | |

4. Выбор схем соединений подстанции

Схемы РУ подстанций при конкретном проектировании разрабатываются на основании схем развития энергосистемы, схем электроснабжения района или объекта и других работ электрических сетей

4.1 Выбор распределительного устройства высшего напряжения

Данное РУ выберем открытого типа (рис. 4.1). Согласно заданию напряжение РУВН составляет 110 кВ. К данному РУ подходит две линии.

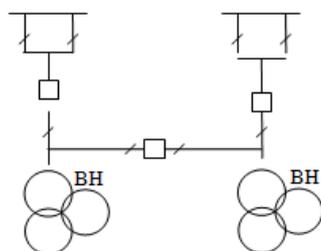


Рис. 4.1. Схема распределительного устройства ВН.

4.2 Выбор распределительного устройства среднего напряжения

В качестве РУ среднего напряжения (35 кВ) принимается одиночная секционированная система сборных шин, открытого типа (рис.4.2). На данном РУ имеется 7 отходящих линий.

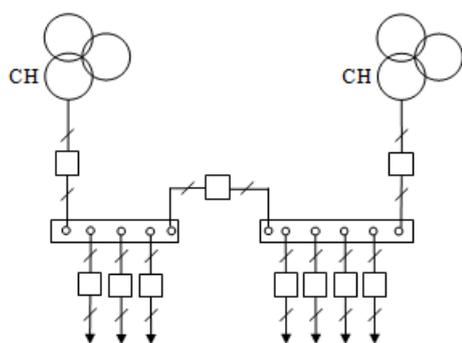


Рис. 4.2. Схема распределительного устройства СН.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|-----|-------------------------|------|
| | | | | | ПП130302.00.00.00.000ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дат | ТА | 3 |
| | | | | а | | |

4.3 Выбор распределительного устройства низшего напряжения

В качестве РУ низшего напряжения (10 кВ) принимается одиночная секционированная система сборных шин, закрытого типа (рис.4.3). На данном РУ имеется 9 отходящих линий.

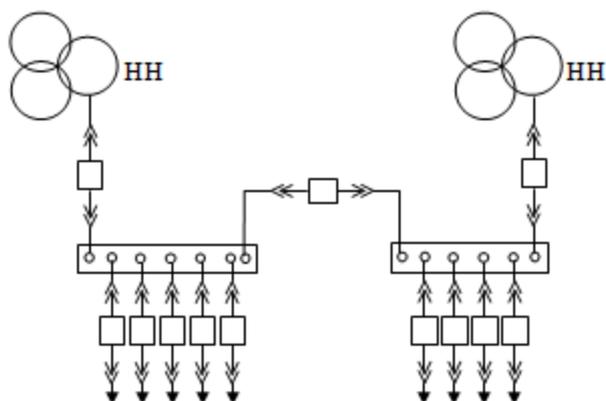


Рис. 4.3. Схема распределительного устройства НН.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|-----|-------------------------|------|
| | | | | | ПП130302.00.00.00.000ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дат | | 3 |
| | | | а | | ТА | |

5. Расчет токов короткого замыкания

Коротким замыканием (КЗ) называется нарушение нормальной работы электрической установки, вызванное замыканием фаз между собой, а также замыканием фаз на землю в сетях с глухозаземленными нейтралями.

Выберем в качестве расчетных точки при включенном положении секционных выключателей на ВН, СН, НН. Составим схему замещения (рис. 5.1). Активное сопротивление трансформатора для одной фазы определяется на основании паспортных данных:

$$R_{тр} = \frac{\Delta P_{кз} \cdot U_{ном}^2 \cdot 10^3}{S_{ном}^2} \text{ Ом}$$

где $\Delta P_{кз}$ - потери активной мощности в режиме короткого замыкания, кВт; $U_{ном}$ - номинальное напряжение на основном выводе, кВ; $S_{ном}$ - номинальная мощность трансформатора, кВА.

Реактивное (индуктивное) сопротивление трансформатора представляет сумму индуктивного сопротивления рассеяния первичной обмотки и приведенного к ней индуктивного сопротивления вторичной обмотки. Рассчитывается оно по формуле:

$$X_{тр} = \frac{u_p \cdot U_{ном}^2 \cdot 10}{S_{ном}} \text{ Ом},$$

где $u_p = \sqrt{u_{кз}^2 + u_a^2}$ - падение напряжения на индуктивном сопротивлении трансформатора в %; $u_{кз}$ - напряжение короткого замыкания, %;

$u_a = \frac{\sqrt{3} \cdot I_n \cdot R_{тр} \cdot 10}{S_n} = \frac{\Delta P_{кз}}{S_n} \cdot 100 \%$ - падение напряжения на активном сопротивлении трансформатора, %.

Активные и индуктивные сопротивления обмоток трансформатора сведены в табл. 5.1.

| | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|-----|--|-------------------------|------|
| | | | | | | ПП130302.00.00.00.000ПЗ | Лист |
| | | | | | | | 3 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дат | | ТА | |

Таблица 5.1.

| | |
|--|----------|
| Активное сопротивление обмотки ВН R _{ТВ} , Ом | 0,6 |
| Активное сопротивление обмотки СН R _{ТС} , Ом | 0,6 |
| Активное сопротивление обмотки НН R _{ТН} , Ом | 0,6 |
| Индуктивное сопротивление обмотки ВН x _{ТВ} , Ом | 25 |
| Индуктивное сопротивление обмотки СН x _{ТС} , Ом | 0 |
| Индуктивное сопротивление обмотки НН x _{ТН} , Ом | 15, 3 |

Сопротивление системы находится по формуле (5.1).

$$x_{ci} = x_{Ci} \cdot U_{б.ном}^2 / S_{п/ст}, \quad (5.1)$$

где x_{Ci} - сопротивление системы в относительных единицах (по заданию);

$U_{б.ном}$ - номинальное базисное напряжение (115 кВ).

$$x_{c1} = 1,1 \cdot 115^2 \cdot 10^6 / 88,8 \cdot 10^6 = 163,7 \text{ Ом.}$$

$$x_{c2} = 0,7 \cdot 115^2 \cdot 10^6 / 88,8 \cdot 10^6 = 104,3 \text{ Ом.}$$

Напряжение системы: $U_{c1} = U_{c2} = 115 \text{ кВ.}$

Активное суммарное сопротивление ЛЭП:

$$R_{л\Sigma} = R_{л1} \cdot R_{л2} / R_{л1} + R_{л2} = R_{л1} / 2, \quad (5.2)$$

$$R_{л1\Sigma} = 1,4 / 2 = 0,7 \text{ Ом.}$$

$$R_{л2\Sigma} = 0,7 / 2 = 0,35 \text{ Ом.}$$

Индуктивное суммарное сопротивление ЛЭП:

$$x_{лi} = x_{ли} / 2, \quad (5.3)$$

$$x_{л1\Sigma} = 4,8 / 2 = 2,4 \text{ Ом.}$$

$$x_{л2\Sigma} = 2,4 / 2 = 1,2 \text{ Ом.}$$

Схема замещения примет вид (рис.5.2).

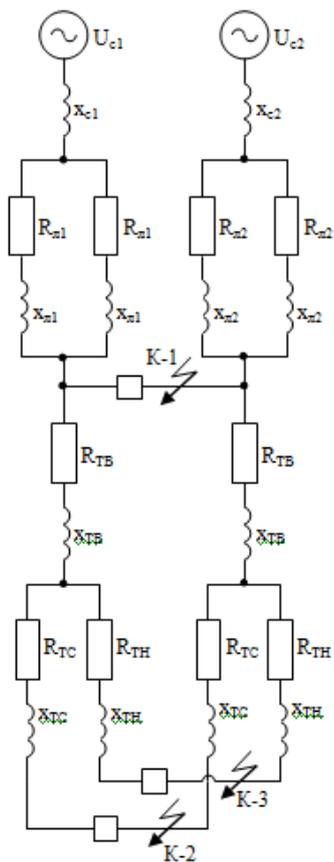


Рис. 5.1. Схема замещения

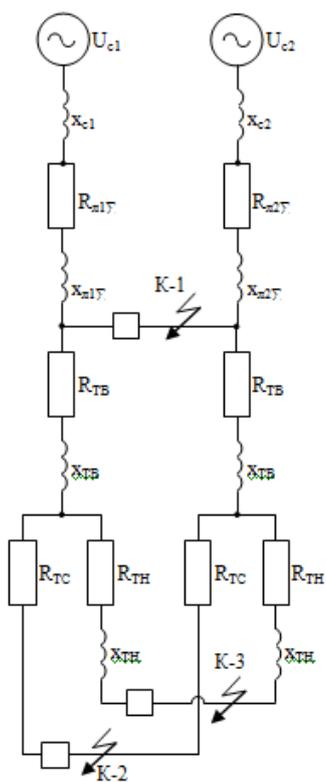


Рис. 5.2. Схема замещения

Рассмотрим расчет тока КЗ в точке К-1.

Схема замещения представлена на рис.5.3.

С помощью вычислений преобразуем схему к простейшему виду (рис.5.3).

$$x_1 = x_{c1} + x_{л1\Sigma} = 163,7 + 2,4 = 166,1 \text{ Ом.}$$

$$x_2 = x_{c2} + x_{л2\Sigma} = 104,3 + 1,2 = 105,5 \text{ Ом.}$$

$$U_c = U_{c1} = U_{c2} = 115 \text{ кВ.}$$

$$x_\Sigma = x_1 \cdot x_2 / x_1 + x_2 = 166,1 \cdot 105,5 / 166,1 + 105,5 = 64,5 \text{ Ом.}$$

$$R_\Sigma = R_{л1\Sigma} \cdot R_{л2\Sigma} / R_{л1\Sigma} + R_{л2\Sigma} = 0,7 \cdot 0,35 / 0,7 + 0,35 = 0,23 \text{ Ом.}$$

$$Z_\Sigma = \sqrt{x_\Sigma^2 + R_\Sigma^2} = \sqrt{64,5^2 + 0,23^2} = 64,5 \text{ Ом.}$$

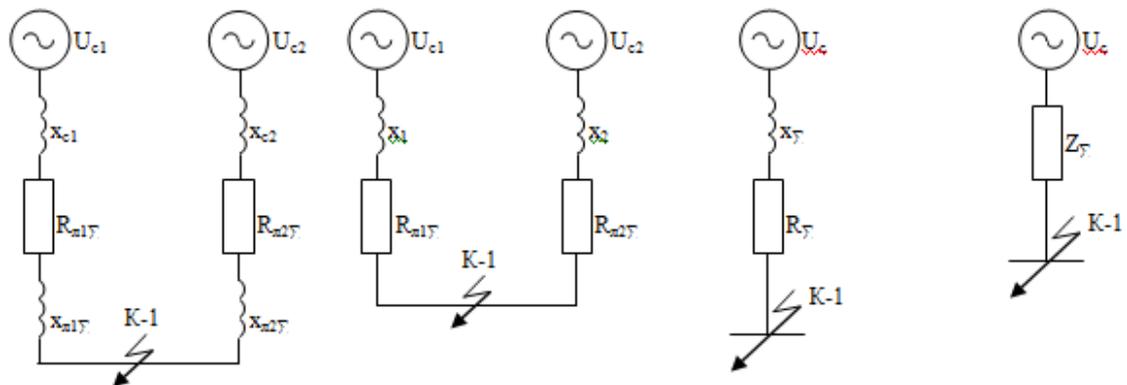


Рис. 5.3. Преобразование схемы замещения

Ток КЗ в точке К-1 находится по формуле (5.4).

$$I_{к1}^{(3)} = U_c / Z_\Sigma, \quad (5.4)$$

где U_c и Z_Σ - найденные ранее значения, напряжение сети и суммарное сопротивление до точки КЗ.

$$I_{к1}^{(3)} = 115 \cdot 10^3 / 64,5 = 1,78 \text{ кА.}$$

Постоянная времени затухания апериодической составляющей:

$$T_{a1} = x_\Sigma / \omega \cdot R_\Sigma, \quad (5.5)$$

где x_Σ и R_Σ - индуктивная и активная составляющие результирующего сопротивления расчетной схемы относительно точки КЗ;

ω - угловая частота напряжения сети.

$$T_{a1} = 64,5 / 314 \cdot 0,23 = 0,89.$$

Ударный коэффициент:

$$k_{уд1} = 1 + e^{\frac{-0,01}{T_{a1}}}, \quad (5.6)$$

$$k_{уд1} = 1,89.$$

Ударный ток:

$$i_{уд1} = \sqrt{2} \cdot k_{уд1} \cdot I_{к1}^{(3)}, \quad (5.7)$$

$$i_{уд1} = 1,4 \cdot 1,89 \cdot 1,78 = 4,7 \text{ кА}.$$

Дальнейший расчет токов КЗ для точек К-2 и К-3 производится аналогичным образом, полученные результаты сведены в табл.5.2.

Таблица 5.2. Расчет токов короткого замыкания

| Точка КЗ | Uс, кВ | R, Ом | x, Ом | Z, Ом | I _{к1} (3), кА | T _{a1} | к _{уд1} | i _{уд1} , кА |
|-------------|-----------|----------|-------|----------|----------------------------|-----------------|------------------|--------------------------|
| К-1 | 115 | 0,23 | 64,5 | 64,5 | 1,78 | 0,89 | 1,89 | 4,7 |
| К-2 | 115 | 0,27 | 73,7 | 73,8 | 1,6 | 0,87 | 1,89 | 4,2 |
| К-3 | 115 | 0,27 | 79,4 | 79,5 | 1,44 | 0,93 | 1,99 | 4,0 |

6. Выбор оборудования

Рассчитаем максимальные токи, протекающие в цепях ВН, СН и НН.

1. ВН:

Расчетный максимальный ток:

$$I_{\text{рmax.в}} = S_{\text{п/ст}} / 2\sqrt{3} \cdot U_{\text{н}}, \quad (6.1)$$

$$I_{\text{рmax.в}} = 88,8 \cdot 10^6 / 2\sqrt{3} \cdot 110 \cdot 10^3 = 233 \text{ А.}$$

Расчетный максимальный ток, протекающий по двухцепным линиям, в два раза меньше: $I_{\text{рmax.в.л}} = 116,5 \text{ А.}$

2. СН:

Расчетный максимальный ток СН находим по формуле (6.1):

$$I_{\text{рmax.с}} = 1278 \text{ А.}$$

3. НН:

Расчетный максимальный ток НН находим по формуле (6.1):

$$I_{\text{рmax.н}} = 1229 \text{ А.}$$

Расчетный максимальный ток НН на отходящих линиях рассчитывается без учета мощность собственных нужд:

$$I_{\text{рmax.н.с}} = 988 \text{ А.}$$

6.1 Выбор силовых выключателей

Выключатель - это коммутационный аппарат, предназначенный для включения и отключения тока [4].

Выключатель является основным аппаратом в электрических установках, он служит для отключения и включения в цепи в любых режимах: длительная нагрузка, перегрузка, короткое замыкание, холостой ход, несинхронная работа. Наиболее тяжелой и ответственной операцией является отключение токов КЗ и включение на существующее короткое замыкание.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|-----|-------------------------|------|
| | | | | | ПП130302.00.00.00.000ПЗ | Лист |
| | | | | | | 3 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дат | ТА | |

Согласно рассчитанным значениям максимальных токов, протекающих по двухцепным линиям и линиям, подходящим к трансформаторам, к установке принимаем выключатели наружного исполнения ВМТ - 110Б - 20/1000 [5]. Условия выбора, данные аппарата и сети сведем в табл. 6.1.

Найдем интеграл Джоуля (по формуле (6.2)).

$$W_k = (I_{kl}^{(3)})^2 \cdot (t_{рз} + t_{откл.в.} + T_{al}), \quad (6.2)$$

где $t_{рз}$ - время включения релейной защиты (0,1с),

$t_{откл.в.}$ - время отключения выключателя (с), [5],

$I_{kl}^{(3)}$ и T_{al} - значения взяты из пункта 5.

$$W_k = 1,78^2 \cdot (0,1 + 0,05 + 0,89) = 3,3 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

Таблица 6.1. Выбор выключателей на ВН

| Место установки | Тип оборудования | Условия выбора | Данные аппарата | Данные сети |
|-----------------|----------------------|--|--|--|
| Q1 - Q3 | ВМТ - 110Б - 20/1000 | $U_{ном} \geq U_{сети}$ $I_{ном} \geq I_{рmax}$ $I_{откл. н.} \geq I_{кi(3)}$ $I_{2тер.} \geq W_k$ $i_{дин} \geq i_{уд}$ | $U_{ном} = 110$ кВ $I_{ном} = 1000$ А $I_{откл. н.} = 20$ кА $I_{2тер.} = 1200$ кА $2 \cdot c \cdot i_{дин} = 52$ кА | $U_{сети} = 110$ кВ $I_{рmax} = 233$ А $I_{кi(3)} = 1,78$ кА $W_k = 3,3$ кА ² · с $i_{уд} = 4,7$ кА |

Выберем выключатели на СН.

На данном напряжении к установке принимаем выключатели наружного исполнения ВВУ - 35 - 40/2000 [5].

Интеграл Джоуля рассчитаем по формуле (6.2). Условия выбора, данные аппарата и сети сведем в табл. 6.2.

Таблица 6.2. Выбор выключателей на СН

| Место установки | Тип оборудования | Условия выбора | Данные аппарата | Данные сети |
|-----------------|--------------------|--|---|---|
| Q4 - Q6 | ВВУ - 35 - 40/2000 | $U_{ном} \geq U_{сет}$ и $I_{ном} \geq I_{рмах}$ $I_{откл. н.} \geq I_{ки(3)}$ $I_{2тер.} \cdot t_{тер} \geq W_k$ $i_{дин} \geq i_{уд}$ | $U_{ном} = 35$ кВ $I_{ном} = 2000$ А $I_{откл. н.} = 40$ кА $I_{2тер.} \cdot t_{тер} = 6400$ кА ² с $i_{дин} = 100$ кА | $U_{сети} = 35$ кВ $I_{рмах} = 1278$ А $I_{ки(3)} = 1,6$ кА $W_k = 2,6$ кА ² · с $i_{уд} = 4,2$ кА |

Выберем выключатели СН на отходящих линиях.

Максимальный расчетный ток на отходящих линиях находится по формуле (6.3).

$$I_{рмах.с.л} = I_{рмах.с} / 7, \quad (6.3)$$

$$I_{рмах.с.л} = 182,6 \text{ А.}$$

На данном напряжении к установке принимаем выключатели наружного исполнения С - 35М - 630 - 10 [5].

Условия выбора, данные аппарата и сети сведем в табл. 6.3.

Таблица 6.3. Выбор выключателей на отходящих линиях СН

| Место установки | Тип оборудования | Условия выбора | Данные аппарата | Данные сети |
|-----------------|--------------------|--|--|---|
| Q7 - Q13 | С - 35М - 630 - 10 | $U_{ном} \geq U_{сет}$ и $I_{ном} \geq I_{рмах}$ $I_{откл. н.} \geq I_{ки(3)}$ $I_{2тер.} \cdot t_{тер} \geq W_k$ $i_{дин} \geq i_{уд}$ | $U_{ном} = 35$ кВ $I_{ном} = 630$ А $I_{откл. н.} = 10$ кА $I_{2тер.} \cdot t_{тер} = 300$ кА ² с $i_{дин} = 26$ кА | $U_{сети} = 35$ кВ $I_{рмах} = 182,6$ А $I_{ки(3)} = 4,3$ кА $W_k = 0,46$ кА ² с $i_{уд} = 4,2$ кА |

Выберем выключатели на НН.

На данном напряжении к установке принимаем выключатели внутреннего исполнения ВЭ - 10 - 1600/40 [4].

Условия выбора, данные аппарата и сети сведем в табл. 6.4.

Таблица 6.4. Выбор выключателей на НН

| Место установки | Тип оборудования | Условия выбора | Данные аппарата | Данные сети |
|-------------------|------------------------|--|--|--|
| Q14 , Q19 ,Q25 | ВЭ - 10 - 1600 - 40 | $U_{ном} \geq U_{сет}$ и $I_{ном} \geq I_{рmax}$ $I_{откл. н.} \geq$ $I_{к(3)} I_{2тер.}$ $\cdot t_{тер} \geq V_{к}$ $i_{дин} \geq i_{уд}$ | $U_{ном} = 10$ кВ $I_{ном} =$ 1600 А $I_{откл. н.} =$ 40 кА $I_{2тер.}$ \cdot $t_{тер} = 6400$ кА 2 с $i_{дин} =$ 128 кА | $U_{сети} = 10$ кВ $I_{рmax}$ $= 1229$ А $I_{к(3)} =$ 1,44 кА $V_{к}$ $= 0,46$ кА2с $i_{уд} =$ 4,0 кА |

Выберем выключатели НН на отходящих линиях.

Максимальный расчетный ток на отходящих линиях находится по формуле (6.4).

$$I_{рmax.сл} = I_{рmax.н.с} / 9, \quad (6.4)$$

$$I_{рmax.сл} = 109,7 \text{ А.}$$

На данном напряжении к установке принимаем выключатели внутреннего исполнения ВЭВ - 10 - 630/16 [5].

Условия выбора, данные аппарата и сети сведем в табл. 6.5.

Таблица 6.5. Выбор выключателей на отходящих линиях НН

| Место установки | Тип оборудования | Условия выбора | Данные аппарата | Данные сети |
|--------------------------|----------------------|---|--|--|
| Q15 - Q18 , Q20 - Q24 | ВЭВ - 10 - 630/16 | $U_{ном} \geq U_{сет}$ и $I_{ном} \geq I_{рmax}$ $I_{откл. н.} \geq$ $I_{к(3)} I_{2тер.}$ | $U_{ном} = 10$ кВ $I_{ном} =$ 630 А $I_{откл. н.} =$ 16 кА $I_{2тер.} \cdot$ | $U_{сети} = 10$ кВ $I_{рmax}$ $= 109,7$ А $I_{к(3)} =$ 1,44 кА $V_{к}$ |

| | | | | |
|--|--|---|---|--|
| | | $\cdot t_{тер} \geq V_{к}$ $i_{дин} \geq i_{уд}$ | $t_{тер} = 1024 \text{ кА}$ $2 \cdot c \cdot i_{дин} =$ 41 кА | $= 0,46 \text{ кА}^2$ $c \cdot i_{уд} = 4,0$ кА |
|--|--|---|---|--|

6.2 Выбор разъединителей

Разъединитель - это контактный коммутационный аппарат, предназначенный для отключения и включения электрической цепи без тока или с незначительным током, который для обеспечения безопасности имеет между контактами в отключенном положении изоляционный промежуток.

1. Выберем разъединители на ВН.

Согласно рассчитанным значениям максимальных токов, протекающих по двухцепным линиям и линиям, подходящим к трансформаторам, к установке принимаем разъединители наружного исполнения РНД - 110 - 1000 [5].

Выбор осуществляется аналогичным образом, как для выключателей.

Условия выбора, данные аппарата и сети сведем в табл. 6.6.

Таблица 6.6. Выбор разъединителей на ВН

| Тип оборудования | Условия выбора | Данные аппарата | Данные сети |
|------------------|---|---|--|
| РНД - 110/1000 | $U_{ном} \geq U_{сети}$ $I_{ном} \geq I_{рmax}$ $I_{2тер.} \cdot t_{тер} \geq$ $V_{к} \cdot i_{дин} \geq i_{уд}$ | $U_{ном} = 110 \text{ кВ}$ $I_{ном} = 1000 \text{ А}$ $I_{2тер.} \cdot$ $t_{тер} = 2976,8 \text{ кА}^2 \cdot c$ $i_{дин} = 80 \text{ кА}$ | $U_{сети} = 110$ кВ $I_{рmax} =$ 233 А $V_{к} =$ $3,3 \text{ кА}^2 \cdot c$ $i_{уд} = 4,7 \text{ кА}$ |

2. Выберем разъединители на СН.

На данном напряжении к установке принимаем разъединители наружного исполнения РНД - 35/2000 [5].

Условия выбора, данные аппарата и сети сведем в табл. 6.7.

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|-----|--|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | 3 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дат | | | | | | |
| | | | | | | | | | | ТА |

ПП130302.00.00.00.000ПЗ

Таблица 6.7. Выбор разъединителей на СН

| Тип оборудования | Условия выбора | Данные аппарата | Данные сети |
|------------------|---|--|---|
| РНД - 35/2000 | $U_{ном} \geq U_{сети}$ $I_{ном} \geq I_{рmax}$ $I_{2тер.} \cdot t_{тер} \geq$ $V_k \cdot i_{дин} \geq i_{уд}$ | $U_{ном} = 35 \text{ кВ}$ $I_{ном} = 2000 \text{ А}$ $I_{2тер.} \cdot t_{тер} = 2976,8 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$ $i_{дин} = 80 \text{ кА}$ | $U_{сети} = 35 \text{ кВ}$ $I_{рmax} = 1278 \text{ А}$ $V_k = 2,6 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$ $i_{уд} = 4,2 \text{ кА}$ |

Выберем разъединители СН на отходящих линиях.

На данном напряжении к установке принимаем выключатели наружного исполнения РНД - 35/1000 [5].

Условия выбора, данные аппарата и сети сведем в табл. 6.8.

Таблица 6.8. Выбор разъединителей на отходящих линиях СН

| Тип оборудования | Условия выбора | Данные аппарата | Данные сети |
|------------------|---|--|---|
| РНД - 35/1000 | $U_{ном} \geq U_{сети}$ $I_{ном} \geq I_{рmax}$ $I_{2тер.} \cdot t_{тер} \geq$ $V_k \cdot i_{дин} \geq i_{уд}$ | $U_{ном} = 35 \text{ кВ}$ $I_{ном} = 1000 \text{ А}$ $I_{2тер.} \cdot t_{тер} = 1875 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$ $i_{дин} = 63 \text{ кА}$ | $U_{сети} = 35 \text{ кВ}$ $I_{рmax} = 182,6 \text{ А}$ $V_k = 0,46 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$ $i_{уд} = 4,2 \text{ кА}$ |

Выбранные разъединители удовлетворяют всем заданным условиям.

6.3 Выбор трансформаторов тока

Трансформатор тока предназначен для уменьшения первичного тока до значений, наиболее удобных для измерительных приборов и реле, а также для отделения цепей измерения и защиты от первичных цепей высокого напряжения [4].

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|-----|-------------------------|------|
| | | | | | ПП130302.00.00.00.000ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дат | | ТА |

Выбор трансформаторов тока на ВН.

К установке принимаем трансформаторов тока наружного исполнения ТФЗМ110Б - II [5]. Условия выбора, данные аппарата и сети сведем в табл. 6.9.

Таблица 6.9. Выбор трансформаторов тока на ВН

| Место установки | Тип оборудования | Условия выбора | Данные аппарата | Данные сети |
|-----------------|------------------|--|---|---|
| ТА1, ТА2 | ТФЗМ110Б - II | Класс точности - 0,5 $U_{ном} \geq U_{сети}$ $I_{ном} \geq I_{рмах}$ $I_{2тер.} \cdot t_{тер} \geq I_{дин} \geq i_{уд}$ | $U_{ном} = 110$ кВ $I_{ном} = 750$ А $I_{2тер.} \cdot t_{тер} = 3468$ кА ² с $i_{дин} = 100$ кА | $U_{сети} = 110$ кВ $I_{рмах} = 233$ А $I_{к} = 01,78$ кА ² с $i_{уд} = 4,7$ кА |

Выбор трансформаторов тока на СН.

К установке принимаем трансформаторов тока наружного исполнения ТФЗМ35Б - I [5]. Условия выбора, данные аппарата и сети сведем в табл. 6.10.

Таблица 6.10. Выбор трансформаторов тока на СН

| Место установки | Тип оборудования | Условия выбора | Данные аппарата | Данные сети |
|-----------------|------------------|--|--|---|
| ТА3 - ТА7 | ТФЗМ35Б - I | Класс точности - 0,5 $U_{ном} \geq U_{сети}$ $I_{ном} \geq I_{рмах}$ $I_{2тер.} \cdot t_{тер} \geq I_{дин} \geq i_{уд}$ | $U_{ном} = 35$ кВ $I_{ном} = 1500$ А $I_{2тер.} \cdot t_{тер} = 3675$ кА ² с $2 \cdot i_{дин} = 70$ кА | $U_{сети} = 35$ кВ $I_{рмах} = 1278$ А $I_{к} = 2,6$ кА ² с $i_{уд} = 4,2$ кА |

Выбор трансформаторов тока на НН.

К установке принимаем трансформаторов тока внутреннего исполнения ТЛМ - 6 [5]. Условия выбора, данные аппарата и сети сведем в табл. 6.11.

Таблица 6.11. Выбор трансформаторов тока на НН

| Место установки | Тип оборудования | Условия выбора | Данные аппарата | Данные сети |
|-----------------|------------------|--|--|--|
| ТА8 | ТЛМ - 10 | Класс точности - 0,5 $U_{ном} \geq U_{сети}$ $I_{ном} \geq I_{рmax}$ $I_{2тер.} \cdot t_{тер} \geq 2 \cdot c \cdot i_{уд}$ $V_k \cdot i_{дин} \geq i_{уд}$ | $U_{ном} = 10$ кВ $I_{ном} = 1500$ А $I_{2тер.} \cdot t_{тер} = 3267$ кА $2 \cdot c \cdot i_{дин} = 100$ кА | $U_{сети} = 10$ кВ $I_{рmax} = 1229$ А $V_k = 0,46$ кА ² $c \cdot i_{уд} = 4,0$ кА |

Выбранные трансформаторы тока удовлетворяют всем заданным условиям.

6.4 Выбор трансформаторов напряжения

Трансформаторы напряжения предназначены для понижения высокого напряжения до стандартного значения 100 или $100\sqrt{3}$ В и для отделения цепей измерения и релейной защиты от первичных цепей высокого напряжения.

Выбор трансформаторов напряжения на ВН.

К установке принимаем трансформаторов напряжения наружного исполнения НКФ - 110 - 58 [5]. Условия выбора, данные аппарата и сети сведем в табл. 6.12.

Таблица 6.12. Выбор трансформаторов напряжения на ВН

| Место установки | Тип оборудования | Условия выбора | Данные аппарата | Данные сети |
|-----------------|------------------|----------------|-----------------|-------------|
|-----------------|------------------|----------------|-----------------|-------------|

| | | | | |
|-----------|----------------|-----------------------------|-------------------------------|---------------------|
| | я | | | |
| TV1 , TV2 | НКФ - 110 - 58 | $U_{ном} \geq U_{сет}$ и | $U_{ном} = 110 / \sqrt{3}$ кВ | $U_{сети} = 110$ кВ |

Выбор трансформаторов напряжения на СН.

К установке принимаем трансформаторов напряжения наружного исполнения ЗНОМ - 35 - 65 [5]. Условия выбора, данные аппарата и сети сведем в табл. 6.13.

Таблица 6.13. Выбор трансформаторов напряжения на СН

| Место установки | Тип оборудования | Условия выбора | Данные аппарата | Данные сети |
|-----------------|------------------|-----------------------------|------------------------------|--------------------|
| TV3 , TV4 | ЗНОМ - 35 - 65 | $U_{ном} \geq U_{сет}$ и | $U_{ном} = 35 / \sqrt{3}$ кВ | $U_{сети} = 35$ кВ |

Выбор трансформаторов напряжения на НН.

К установке принимаем трансформаторов напряжения внутреннего исполнения ЗНОЛ.09 - 6 [5]. Условия выбора, данные аппарата и сети сведем в табл. 6.14.

Таблица 6.14. Выбор трансформаторов напряжения на НН

| Место установки | Тип оборудования | Условия выбора | Данные аппарата | Данные сети |
|-----------------|------------------|-----------------------------|------------------------------|--------------------|
| TV5 , TV6 | ЗНОЛ - 10 | $U_{ном} \geq U_{сет}$ и | $U_{ном} = 10 / \sqrt{3}$ кВ | $U_{сети} = 10$ кВ |

Выбранные трансформаторы напряжения удовлетворяют всем заданным условиям.

Заключение

Произведен расчет трансформаторной подстанции 110/35/10 кВ. В ходе работы была рассчитана мощность каждого из потребителей, а также суммарная мощность всей подстанции с учетом мощности собственных нужд; были выбраны силовые трансформаторы и схема их соединений, которая является дешевой и наиболее надежной.

Из расчетов токов КЗ, в наиболее тяжелом режиме, был произведен выбор основного оборудования подстанции: силовых выключателей, разъединителей, трансформаторов тока и напряжения. Выбранное оборудование соответствует всем параметрам подстанции и удовлетворяет условиям выбора.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|-----|-------------------------|------|
| | | | | | ПП130302.00.00.00.000ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дат | | 3 |
| | | | | а | ТА | |

Список использованных источников

1. Правила устройства электроустановок. [Текст]. Все действующие разделы ПУЭ - 6 и ПУЭ - 7, с изм. и доп., по состоянию на 15 августа 2005 г. - Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2005. - 854 с., ил.
2. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий. [Текст]. В 2-х кн. /Под общ. ред. А.А. Федорова и Г.В. Сербиновского. Кн.2. Технические сведения об оборудовании. М.: «Энергия», 1973. - 528 с. с ил.
- . Справочник по электротехнике электрооборудованию [Текст]: Учеб. пособие для вузов. - 2-е изд., доп. - М.: Высш. Шк., 2000. - 255 с., ил.
- . Электрооборудование электрических станций и подстанций [Текст]: Учебник. / А.Д. Рожкова, Л.К. Карнеева, Т.В. Чиркова. - М.: Издательский центр « Академия», 2004. - 448 с.
- . Электротехнический справочник [Текст]. В 4 т. Т
2. Электротехнические изделия и устройства. / Под общей ред. профессоров МЭИ. В.Г. Герасимова и др. (гл. ред. И.Н. Орлов). - 9-е изд., стер. - М.: Издательство МЭИ., 2003. - 518 с.
- . РД 34.20.185-94. Инструкция по проектированию городских электрических сетей. - М.: Энергоатомиздат, 1995 (с изменениями и дополнениями 1999 года).
- . Цигельман И.Е. Электроснабжение гражданских зданий и коммунальных предприятий. М. Высшая школа, 1988г.
- . РД 34.20.185-94. Инструкция по проектированию городских электрических сетей. - М.: Энергоатомиздат, 1995 (с изменениями и дополнениями 1999 года).
- . Б.Ю. Липкин. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. М.: Высшая школа. 1990.
- . Постников Н.П., Рубашов Г.М. Электроснабжение промышленных предприятий. Л. Стройиздат ,1989 г.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|-----|-------------------------|------|
| | | | | | ПП130302.00.00.00.000ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дат | | 3 |
| | | | | а | ТА | |

11. В.П. Шеховцов. Расчет и проектирование схем электроснабжения. Методическое пособие для курсового проектирования. М. «Форум», 1993.- 216 стр.
12. Карпов Ф.Ф. Козлов В.Н. Справочник по расчету проводов и кабелей. М. Энергия.1985г.
- . Дьяков В.И. Типовые расчеты по электрооборудованию. М. Высшая школа. 1985г.
- . Справочник по проектированию электрических сетей и электрооборудования. Под редакцией Барыбина Ю.Г., Федорова Л.Е., Зименкова М.Г. М. Энергоатомиздат. 1991г.
- . Указания по расчету электрических нагрузок. РТМ 36.18.32.4-92*. М.. 1992.
- . Коновалова Л.Л., Рожкова Л.Д. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. М.Энергоатомиздат,1989 г.
- . Постников Н.П., Петрушенко Г.В., Максимова Г.Г., Монтаж электрооборудования промышленных предприятий. Курсовое и дипломное проектирование .Л. Стройиздат.1991г.
- . Киреева Э.А., Орлов В.В., Старкова Л.Е. Электроснабжение цехов промышленных предприятий. Библиотечка электротехника. Приложение к журналу «Энергетик». Выпуск 12(60).М.-2003.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|-----|-------------------------|------|
| | | | | | ПП130302.00.00.00.000ПЗ | Лист |
| | | | | | | 3 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дат | ТА | |
| | | | | а | | |