

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>Лит.</i>			<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>							2	27	
<i>Н. Контр.</i>					<i>Преддипломная практика</i>				
<i>Утверд.</i>					<i>Пояснительная записка</i>				
					ТулГУ, каф. Э, гр 121591				

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 , МВт	Q_i , %	Q_i , МВАр	S_i , 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): $S_{\max 2} = 20$ МВА.

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

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

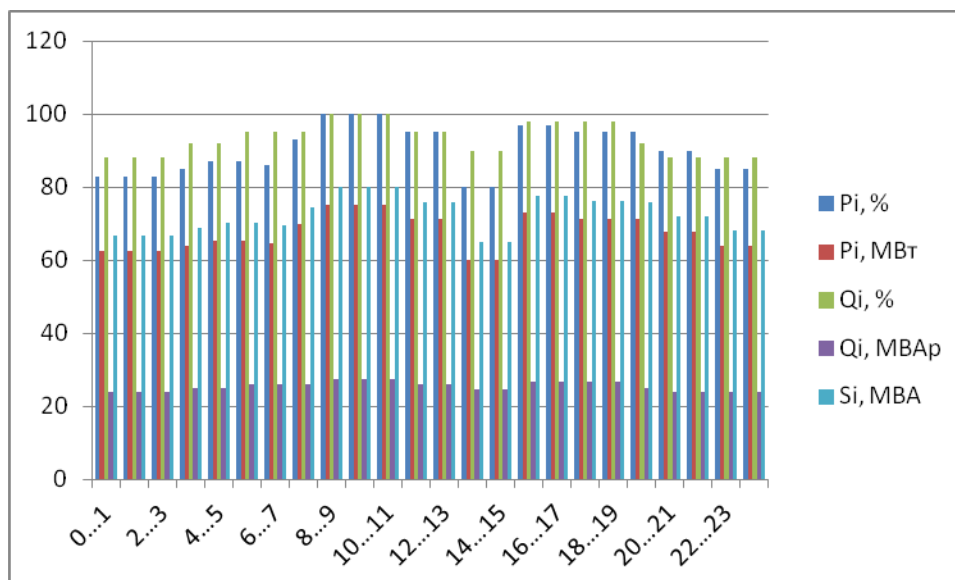


Рис. 1.1. Суточный график активной и реактивной нагрузки для предприятия черной металлургии.

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

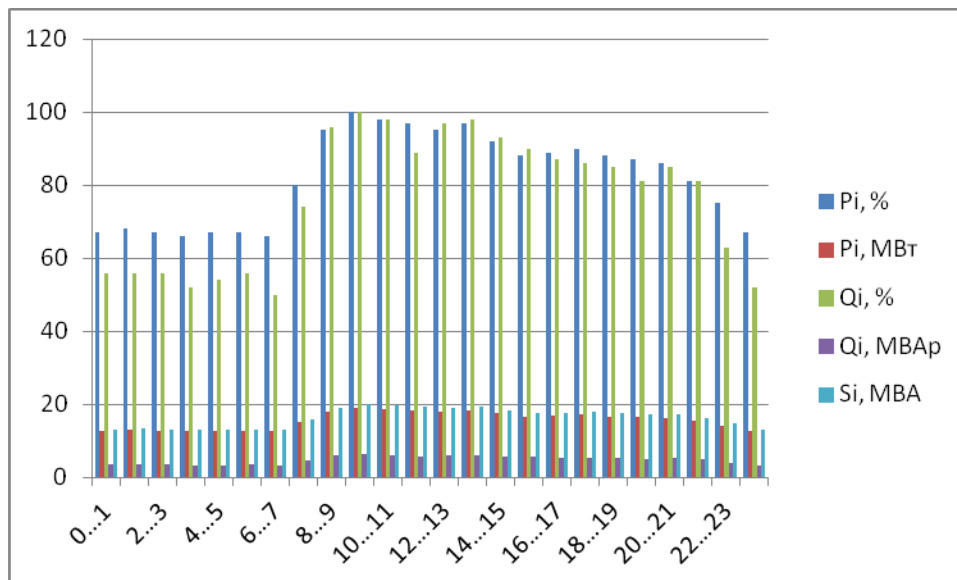


Рис. 1.2. Суточный график активной и реактивной нагрузки для сельхозпереработки.

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

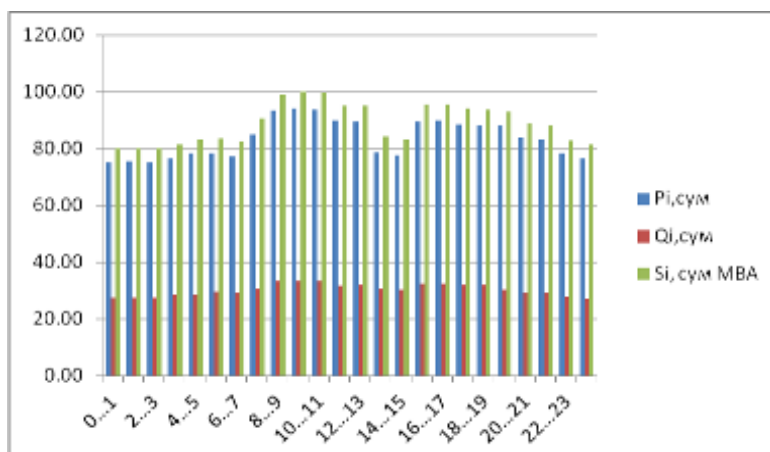


Рис. 1.3. Суточный график активной и реактивной нагрузки подстанции.

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		
				а	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).

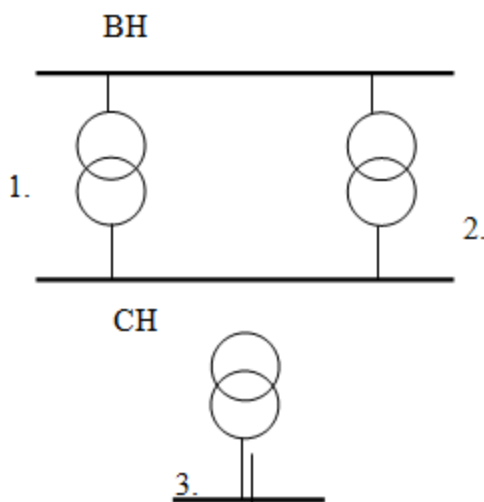


Рис. 2.2. Второй вариант выбора трансформаторов.

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
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.

										Лист
										3
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат						
										ТА

ПП130302.00.00.00.000ПЗ

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.

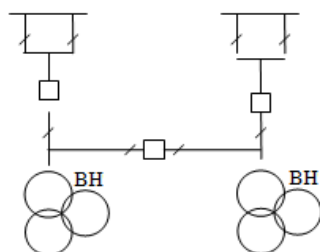


Рис. 4.1. Схема распределительного устройства ВН.

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.

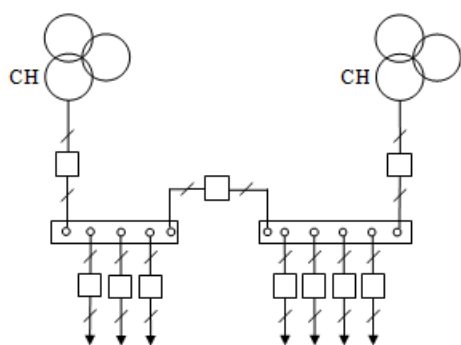


Рис. 4.2. Схема распределительного устройства СН.

					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.

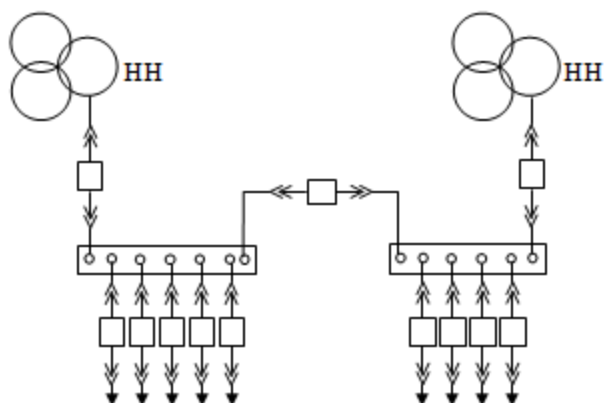


Рис. 4.3. Схема распределительного устройства НН.

					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).

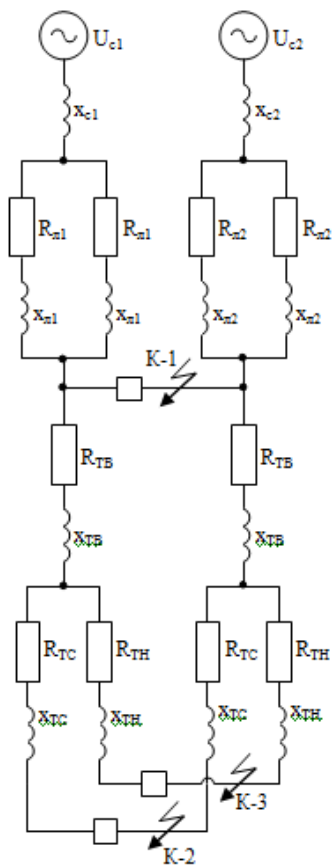


Рис. 5.1. Схема замещения

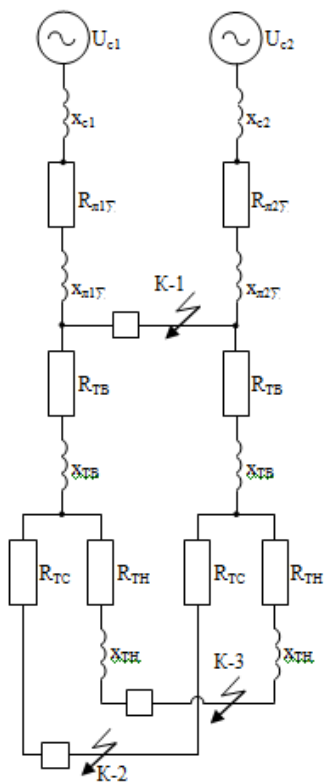


Рис. 5.2. Схема замещения

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).

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

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

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

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

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

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

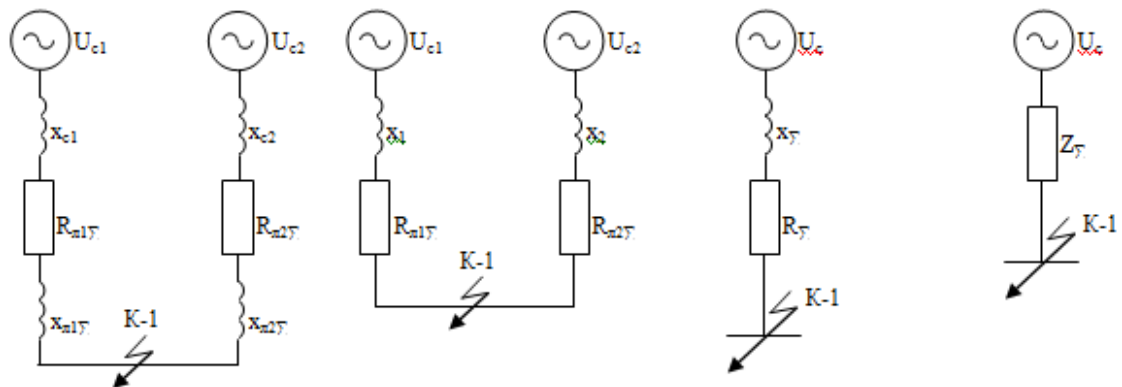


Рис. 5.3. Преобразование схемы замещения

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 $I_{ном} \geq I_{рмах}$ $I_{откл. н.} \geq I_{ки(3)}$ $I_{2тер.} \cdot t_{тер} \geq W_{к}$ $i_{дин} \geq i_{уд}$	$U_{ном} = 35$ 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 $W_{к} = 2,6$ 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 $I_{ном} \geq I_{рмах}$ $I_{откл. н.} \geq I_{ки(3)}$ $I_{2тер.} \cdot t_{тер} \geq W_{к}$ $i_{дин} \geq i_{уд}$	$U_{ном} = 35$ 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 $W_{к} = 0,46$ 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	$U_{ном} \geq U_{сети}$ $I_{ном} \geq I_{pmax}$ $I_{2тер.} \cdot t_{тер} \geq$ $V_k \cdot i_{дин} \geq i_{уд}$	$U_{ном} = 35 \text{ кВ}$ $I_{ном} = 2000 \text{ А}$ $I_{2тер.} \cdot t_{тер} = 2976,8 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$ $i_{дин} = 80 \text{ кА}$	$U_{сети} = 35 \text{ кВ}$ $I_{pmax} = 1278 \text{ А}$ $V_k = 2,6 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$ $i_{уд} = 4,2 \text{ кА}$

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	$U_{ном} \geq U_{сети}$ $I_{ном} \geq I_{pmax}$ $I_{2тер.} \cdot t_{тер} \geq$ $V_k \cdot i_{дин} \geq i_{уд}$	$U_{ном} = 35 \text{ кВ}$ $I_{ном} = 1000 \text{ А}$ $I_{2тер.} \cdot t_{тер} = 1875 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$ $i_{дин} = 63 \text{ кА}$	$U_{сети} = 35 \text{ кВ}$ $I_{pmax} = 182,6 \text{ А}$ $V_k = 0,46 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$ $i_{уд} = 4,2 \text{ кА}$

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		3
				а	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 $i_{дин} = 70$ 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		