

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Кафедра «Электроэнергетики и электротехники»

«Электроснабжение»

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ  
РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ  
ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ  
13.03.02-ЭП-16-КП-018-18-ПЗ

Выполнил:  
студент группы ЭП-16

Д.Е. Бахмисов

Проверил:  
к.т.н., доцент

А.В. Струмеляк

Братск, 2018

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ.....	4
2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА И ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКОВ.....	6
3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК ЗАВОДА.....	8
3.1. Расчет силовой нагрузки.....	8
3.2. Расчет осветительной нагрузки.....	9
4. ВЫБОР ЧИСЛА, МОЩНОСТИ И РАСПОЛОЖЕНИЯ ЦТП И КОМПЕНСИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ.....	12
4.1 Выбор числа и мощности цеховых трансформаторных подстанций.....	12
4.2 Картограмма нагрузок.....	16
4.3 Балансовый расчёт.....	18
5. ВЫБОР СХЕМЫ ПИТАНИЯ ПОДСТАНЦИЙ И РАСЧЕТ ПИТАЮЩИХ ЛИНИЙ.....	20
5.1 Выбор схемы внешнего и внутреннего электроснабжения предприятия.....	20
5.2 Техничко-экономические расчеты в электроснабжении.....	26
5.3 Выбор сечения ВЛ питающих промышленное предприятие линий.....	29
5.4 Выбор сечения кабельных линий выше 1 кВ.....	30
6. РАСЧЕТ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ И ПРОВЕРКА НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ТОКАМ КЗ ОСНОВНОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ.....	32
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	35
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	36

					<i>13.03.02-ЭП-16-КП-018-18-ПЗ</i>			
		<i>№ докум.</i>		<i>та</i>				
<b>Разработал</b>	Бахмисов Д.Е.				Разработка схемы электроснабжения машиностроительного завода	<i>Лит.</i>	<i>ст</i>	<i>Листов</i>
<b>Руководитель</b>	Струмеляк А.В.						2	36
<b>Нор. контроль</b>					ФГБОУ ВО «БрГУ» каф. ЭнЭ гр. ЭП-16			
<b>Утвердил</b>								

## ВВЕДЕНИЕ

В курсовом проекте «Разработка схемы электроснабжения электромашиностроительного завода» в качестве исходных данных предложен генеральный план завода и дана установленная мощность каждого цеха. Питание завода осуществляется с шин РП 220/35/10 кВ. Расчет электрических нагрузок проводился методом, который применяется на стадии проектирования при неизвестных мощностях отдельных электроприемников с использованием коэффициента спроса. Следующий этап – выбор числа и мощности цеховых трансформаторов – проводился одновременно с учетом компенсации реактивной мощности. На основании этого были выбраны питающие кабельные линии и спроектирована схема электроснабжения. Сечение кабельных линий выбиралось по допустимому нагреву в нормальном и аварийном режимах, экономической плотности тока. После расчета токов короткого замыкания все основное электрооборудование было проверено на термическую и динамическую устойчивость к токам короткого замыкания. Рассмотрены также разделы по измерению и учету электроэнергии и по расчету заземляющих устройств.

					<i>13.03.02-ЭП-16-КП-018-18-ПЗ</i>	Лист
						3
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

# 1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Таблица 1

Электрические нагрузки цехов машиностроительного завода

Наименование цехов	Установленная мощность, кВт
1.Главный корпус	1500
2. Механический цех	1600
3. Литейных цех (печи 50% $U \uparrow 1000$ В)	2800
4. Компрессорная (СД $\approx$ 40% $U \uparrow 1000$ В)	2200
5. Цех пресс-поковок	1550
6. Арматурный цех	1450
7. Цех металлопокрытий	530
8. Экспериментальный цех	400
9. Котельная	2450
10. Бытовая нагрузка поселка ГТ	4000
11. Осветительная нагрузка поселка	3800
12. Суточный график нагрузок и $\cos \phi$ предприятий машиностроения или металлообработки	

Показатели	Вариант
	4
Коэффициент увеличения мощности промышленной нагрузки	2,5
Линии связи ЦРП с ТЭЦ	Возд. каб.
Длина линий связи, км	12
Напряжение РП, кВ	220/35/10

Изм.	
Лист	
№ докум.	
Подпись	
Дата	

13.03.02-ЭП-16-КТ-018-18-ПЗ

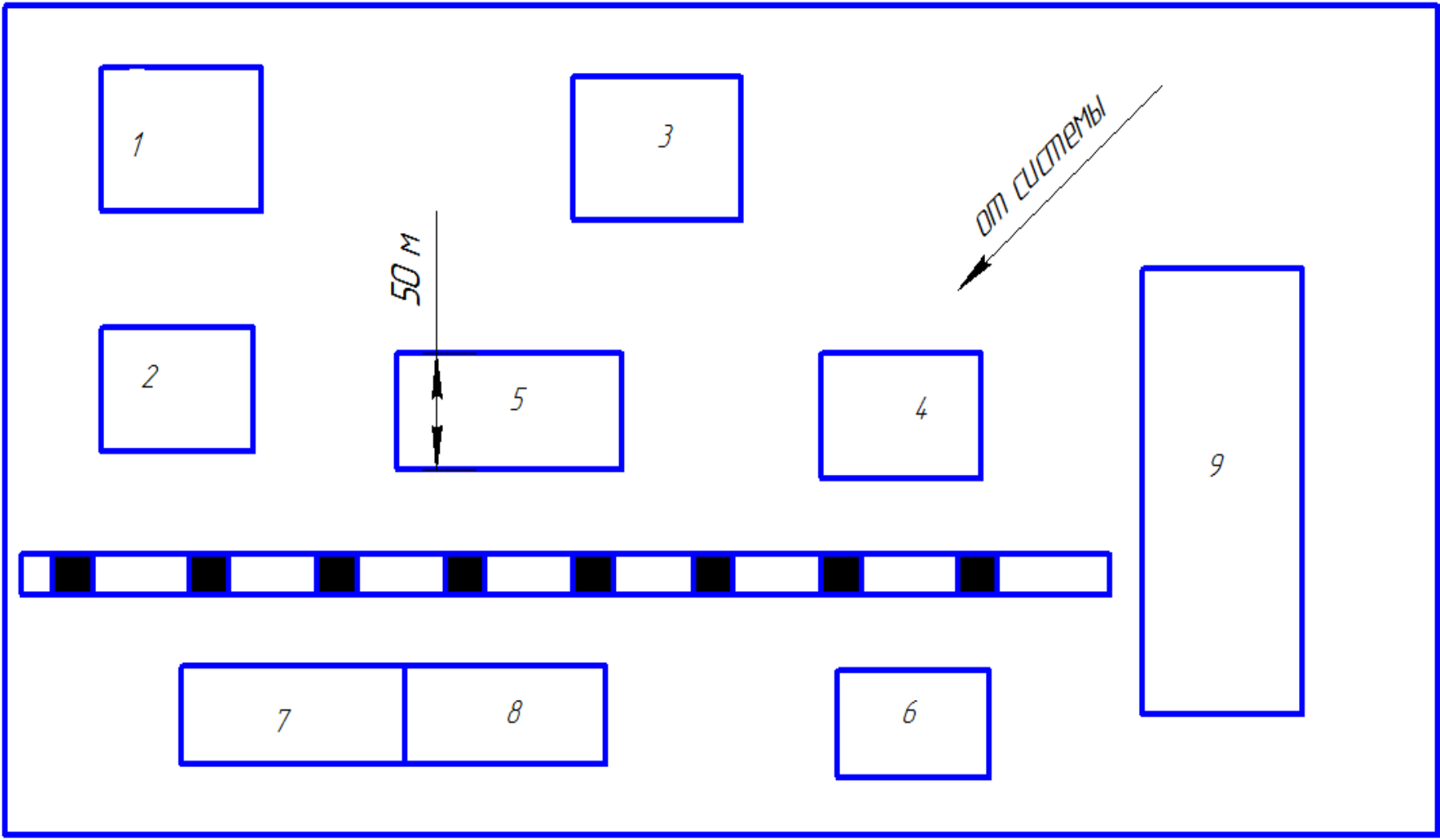


Рис. 1. Генплан электромашиностроительного завода

## 2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА И ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКОВ

Характеристики электроприемников цехов  
электромашиностроительного завода по категориям надежности  
электроснабжения и помещений цехов по категориям производственной  
среды сведены в таблицу 2.1.

Таблица 2.1

Характеристики цехов электромашиностроительного завода

№ по генплану	Наименование цеха	Категория производственной среды	Категория по надежности электроснабжения
1	1. Главный корпус	нормальная	II
2	2. Механический цех	нормальная	II
3	3. Литейный цех	жаркая	I
4	4. Компрессорная	нормальная	I
5	5. Цех пресс-поковок	жаркая	I
6	6. Арматурный цех	нормальная	II
7	7. Цех металлопокрытий	нормальная	II
8	8. Экспериментальный цех	нормальная	II
9	9. Котельная	жаркая	I

Красильный цех, крутильный цех, сушильный цех:

- уровень напряжения 380 – 660 В;
- род тока – переменный трехфазный частотой 50 Гц;
- режим работы циклический;
- глухозаземленная нейтраль;
- большие колебания реактивной мощности;
- несимметричная и несинусоидальная нагрузка фаз;
- неопасные

Кузнечно-термический цех:

- уровень напряжения 380 – 660 В;
- род тока – переменный трехфазный частотой 50 Гц;

					13.03.02-ЭП-16-КП-018-18-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

- режим работы резкопеременный циклический;
- глухозаземленная нейтраль;
- большие колебания реактивной мощности;
- несимметричная и несинусоидальная нагрузка фаз;
- повышенная опасность поражения людей электрическим током

Печатный цех, вязальный цех, административное здание, склад готовой продукции:

- уровень напряжения 380 – 660 В;
- род тока – переменный трехфазный частотой 50 Гц;
- режим работы циклический;
- глухозаземленная нейтраль;
- большие колебания реактивной мощности;
- несимметричная и несинусоидальная нагрузка фаз;
- по степени поражения людей электрическим током относятся к помещениям без повышенной опасности

					<i>13.03.02-ЭП-16-КП-018-18-ПЗ</i>	Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

### 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК ЗАВОДА

#### 3.1. Расчет силовой нагрузки

Расчетные нагрузки определяются по установленной мощности и коэффициенту спроса:

$$P_p = K_c \cdot P_y \quad (3.1)$$

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad (3.2)$$

Приемники напряжением выше 1кВ учитываются отдельно. Так как расчет компенсации реактивной мощности еще не произведен, то реактивная мощность от СД выше 1кВ принимается равной нулю. Суммарная расчетная нагрузка потребителей до и выше 1кВ в целом по заводу находится суммированием нагрузок всех цехов, освещения, потерь мощности в трансформаторах ЦТП и потерь в высоковольтных линиях.

Так как число и мощность трансформаторов и параметры высоковольтных линий еще не выбраны, то приблизительно потери в них:

$$\Delta P_m = 0,02 \cdot S_p \downarrow = 0,02 \cdot 19057,86 = 381,16 \text{ кВт}$$

$$\Delta P_l = 0,03 \cdot S_p \downarrow = 0,03 \cdot 19057,86 = 571,7 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_m = 0,1 \cdot S_p \downarrow = 0,1 \cdot 19057,86 = 1905,79 \text{ кВар}$$

При суммировании расчетных нагрузок нескольких цехов нужно вводить коэффициент одновременности максимумов нагрузки. Тогда суммарная расчетная активная, реактивная и полная нагрузки предприятия, отнесенные к шинам 6-10 кВ ГРП, будут следующими:

$$P_p = (\sum P_p \downarrow + \sum P_p \uparrow) \cdot K_{pm} + \Delta P_{m,l} = (15003,88 + 4100 + 18500) \cdot 0,925 + 381,16 + 571,7 = 35736,48 \text{ кВт}$$

$$Q_p = (\sum Q_p \downarrow + \sum Q_p \uparrow) \cdot K_{pm} + \Delta Q_m = (11750,99 + 2453,47 + 3833,98) \cdot 0,925 + 1905,79 = 18591,35 \text{ кВар}$$

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{35736,48^2 + 18591,35^2} = 40283,18 \text{ кВА}$$

Потери в ГПП рассчитывают как:

$$\Delta P_{ГПП} = 0,02 \cdot S_p = 805,66 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_{ГПП} = 0,1 \cdot S_p = 4028,32 \text{ кВар}$$

С учетом потерь ГПП:

$$P_{p\varepsilon} = (\sum P_p \downarrow + \sum P_p \uparrow) \cdot K_{pm} + \Delta P_{ГПП} = (38556,77) \cdot 0,925 + 805,66 = 36470,68 \text{ кВт}$$

					13.03.02-ЭП-16-КП-018-18-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8



Для определения реактивной нагрузки предприятия необходимо учесть  $Q_{ку}$  - мощность компенсирующих устройств по формуле:

$$Q_{ку \text{ завода}} = K_{рн} Q_{р \text{ зав.}} - Q_{э1},$$

где  $Q_{э1}$  - оптимальное значение реактивной мощности завода, которое разрешено потреблять в часы максимума нагрузок из энергосистемы:

$Q_{э1}' = \alpha * P_p = 0,4 * 36470,68 = 14588,27$  кВар ( $\alpha$  - коэффициент соответствующий желаемому  $\text{tg}\varphi$  равный 0,4);

$Q_{р \text{ зав.}} = (\sum Q_p \downarrow + \sum Q_p \uparrow) \cdot K_{рм} + \Delta Q_{ГПП} =$   
 $(11750,99 + 2453,47 + 3833,98 + 1872,331) * 0,925 + 4028,32 = 22476,73$  кВар ( $K_{рм}$  - коэффициент разновременности максимумов до и выше 1 кВ);

$$Q_{э1}'' = Q_{р \text{ зав.}} - Q_{сд} = Q_{р \text{ зав.}} - \left( \frac{\alpha_{сд} * P_{н \text{ сд}} * \text{tg}\varphi}{n} \right) = 22476,73 - \left( \frac{1,27 * 880 * 0,484}{0,95} \right) = 21906,97$$

кВар;

$Q_{э1}$  определяется как меньшее из двух значений -  $Q_{э1}'$  тогда мощность компенсирующих устройств:

$$Q_{ку \text{ завода}} = 0,95 * 22476,73 - 14588,27 = 6764,63 \text{ кВар}$$

$$Q_{р\varepsilon} = Q_{р \text{ зав.}} - Q_{ку} = (22476,73 - 6764,63) = 15712,11 \text{ кВар}$$

Полная мощность нагрузки предприятия:

$$S_{р\varepsilon} = \sqrt{P_{р\varepsilon}^2 + Q_{р\varepsilon}^2} = \sqrt{36470,68^2 + 15712,11^2} = 39711,21 \text{ кВА}$$

### 3.2. Расчет осветительной нагрузки

Расчет проводится по удельной плотности осветительной нагрузки на 1 кв. м производственных площадей и коэффициенту спроса.

$$P_{р.о} = K_{с.о} \cdot P_{у.о} \quad (3.3)$$

$$Q_{р.о} = \text{tg}\varphi_o \cdot P_{р.о} \quad (3.4)$$

$P_{у.о.} = \rho_o * F$  - установленная мощность приемников освещения по цеху, определяется по удельной осветительной нагрузке на 1 кв. м поверхности пола  $\rho_o$  и площади цеха  $F$ .

Результаты расчета сводятся в таблицу 3.1.

					13.03.02-ЭП-16-КП-018-18-ПЗ	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 3.1

## Расчет электрических нагрузок предприятия

№	Наименование потребителей	Силовая нагрузка						Осветительная нагрузка						Силовая и осветительная нагрузка		
		$P_y$	$K_c$	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	$P_p^c$	$Q_p^c$	$F$	$p_y^0$	$P_y^0$	$K_c^0$	$P_p^0$	$Q_p^0$	$P_p$	$Q_p$	$S_p$
		кВт	-	-	-	кВт	кВар	м <sup>2</sup>	кВт/м <sup>2</sup>	кВт	-	кВт	кВар	кВт	кВар	КВА
Потребители электроэнергии до 1 кВ																
1	1. Главный корпус	3750	0,35	0,7	1,02	1312,5	1339	4743	0,015	71,15	0,85	60,498	0	1372,998	1339,018	1917,817
2	2. Механический цех	4000	0,3	0,7	1,02	1200	1224,2	4150,3	0,014	58,104	0,85	49,39	0	1249,69	1224,245	1749,213
3	3. Литейный цех	3500	0,6	0,8	0,75	2100	1575	4980,4	0,0135	67,235	0,85	57,15	0	2157,15	1575	2670,94
4	4. Компрессорная	3300	0,63	0,8	0,75	2079	1559,3	4150,3	0,017	70,56	0,85	59,97	0	2138,972	1559,25	2646,972
5	5. Цех пресс-поковок	3875	0,45	0,85	0,62	1743,8	1080,7	5395,4	0,0135	72,84	0,85	61,91	0	1816,59	1080,679	2113,731
6	6. Арматурный цех	3625	0,35	0,6	1,33	1268,8	1691,7	3379,53	0,015	50,7	0,85	43,1	0	1311,84	1691,667	2140,714
7	7. Цех металлопокрытий	1325	0,4	0,8	0,75	530	397,5	4565,33	0,012	54,783	0,85	46,57	0	576,57	397,5	700,3
8	8. Экспериментальный цех	1000	0,35	0,7	1,02	350	357,1	4076,19	0,023	93,752	0,85	79,69	0	429,69	357,07	558,689
9	9. Котельная	6125	0,55	0,8	0,75	3368,8	2526,6	14822,5	0,015	222,34	0,9	26,686	0	3557,74	2526,563	4363,601
	Территория завода							196487,3	0,002	392,975	1	392,975	0	392,975	0	392,975
	Потери в ЦТП													381,16	1905,79	1943,53
	Итого:													15003,88	11750,99	19057,86

13.03.02-ЭП-16-КП-018-18-ПЗ

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

10

Лист

Продолжение таблицы 3.1

Потребители выше 1кВ

1	Литейный цех	3500	0,7	0,85	0,62	2450	1518,4							2450	1518,4	2882,35
2	Компрессорная	2500	0,75	0,86	0,57	1650	935,1							1650	935,1	1896,55
	Итого:													4100	2453,5	4778,91
	Бытовая нагрузка поселка ГТ	10000	0,9	0,92	0,43	9000	3834							9000	3834	9782,608
	Осветительная нагрузка поселка											9500	0	9500	0	9500
	Итого по предприятию													36470,68	15712,11	39711,63

13.03.02-ЭП-16-КТ-018-18-ПЗ

## 4. ВЫБОР ЧИСЛА, МОЩНОСТИ И РАСПОЛОЖЕНИЯ ЦТП И КОМПЕНСИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ

### 4.1 Выбор числа и мощности цеховых трансформаторных подстанций

Выбор номинальной мощности трансформаторов ГПП в зависимости от исходных данных может осуществляться по графику нагрузок или по полной расчетной мощности:

$$S_{p\varepsilon} = \sqrt{P_{p\varepsilon}^2 + Q_{\varepsilon 1}^2} = \sqrt{36470,68^2 + 14588,27^2} = 39280,12 \text{ кВА};$$

$$S_{ном} \geq \frac{S_{p\varepsilon}}{1,4} \geq 28057,23 \text{ кВА};$$

ТРДН-40000/220:  $S_{ном}=40$  МВА

Выбор ЦТП осуществляется одновременно с задачей компенсации реактивной мощности. Экономически целесообразная номинальная мощность трансформатора  $S_{нз}$  при удельной нагрузке.

$$\sigma_{уд} = \frac{S_p \downarrow}{F_{заг}} = \frac{19057,86}{246750,2} = 0,078 \text{ кВА/м}^2$$

принимается в соответствии с [1]  $S_{нз} = 1000$  кВА.

Средневзвешенный коэффициент загрузки цеховых трансформаторов:

$$K_{змс} = \frac{P_I \cdot K_{зI} + P_{II} \cdot K_{зII} + P_{III} \cdot K_{зIII}}{P_I + P_{II} + P_{III}} = \frac{0,65 \cdot 6122,71 + 8498,19 \cdot 0,75 + 0}{6122,71 + 8498,19 + 0} = 0,71$$

где  $P_I$ ,  $P_{II}$ ,  $P_{III}$  – установленные мощности потребителей цехов I, II, III категорий до 1 кВ;

$K_{зI}$ ,  $K_{зII}$ ,  $K_{зIII}$  – коэффициенты загрузки для потребителей соответствующих цехов.

Максимальное число трансформаторов, которое можно установить без компенсации реактивной мощности:

$$N_{Tmax} = \frac{S_p \downarrow}{K_{змс} \cdot S_{нз}} = \frac{19057,86}{0,71 \cdot 1000} = 26,84 \approx 27$$

где  $S_p$  – расчетная мощность завода до 1 кВ.

Минимальное число трансформаторов, которое можно установить при полной компенсации реактивной мощности в цеховых сетях:

$$N_{Tmin} = \frac{P_p \downarrow}{K_{змс} \cdot S_{нз}} = \frac{15003,88}{0,71 \cdot 1000} = 21,13 \approx 22$$

									Лист
									12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.02-ЭП-16-КП-018-18-ПЗ				

где  $P_p$  - активная мощность завода до 1кВ.

Так как полная компенсация реактивной мощности нецелесообразна, то намечается промежуточный вариант числа трансформаторов, для которого  $\cos\varphi$  предприятия будет находиться в пределах 0,9-0,95.

Предельное значение реактивной мощности трансформаторов:

$$Q_{Ti} = \sqrt{[(N_{Tmax} - 1(2) \dots) \cdot K_{зтв} \cdot S_{нэ}]^2 - P_p^2} = \sqrt{(23 \cdot 0,71 \cdot 1000)^2 - 15003,88^2} = \\ = 6338,352 \text{ кВар}$$

Проверим  $\cos\varphi$ :

$$\cos \varphi = \frac{P_p \downarrow}{\sqrt{P_p^2 + Q_{Ti}^2}} = \frac{15003,88}{\sqrt{15003,88^2 + 5469^2}} = 0,92$$

Таким образом, нужно установить 23 трансформатора по 1000 кВА.

Суммарное значение мощности низковольтных конденсаторных батарей (НБК):

$$Q_{нк\Sigma} = Q_p \downarrow - Q_{Ti} = 11750,99 - 6338,352 = 5412,64 \text{ кВар}$$

Полученная  $Q_{нк\Sigma}$  распределяется по цехам в долевом отношении по потреблению реактивной мощности:

$$Q_{нкi} = \frac{Q_{нк\Sigma}}{Q_p \downarrow} \cdot Q_{pi} \quad (4.1)$$

где  $Q_{pi} \downarrow$  - расчетная реактивная мощность i-го цеха до 1кВ.

По полученным значениям выбираются компенсирующие устройства. Результаты расчетов сводятся в таблицы 4.1, 4.2, 4.3.

									Лист
									13
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.02-ЭП-16-КП-018-18-ПЗ				

Таблица 4.1

№ пп	Наименование цеха	Расчетная нагрузка	Расчетная мощность	Принимаемая фактическая мощность, тип ККУ	
		$Q_{pi}$ , квар	$Q_{nki}$ , квар	$Q_{нкф}$ , квар	НБК
1	Главный корпус	1339,02	616,77	2x324	УКЛ(П)Н-0,38-324-108У3
2	Механический цех	1224,24	563,9	600	УКЛ(П)Н-0,38-600-150У3
3	Литейный цех	1575	725,463	2x450	УКЛ(П)-0,38-450-150У3
4	Компрессорная	1559,25	718,21	2x450	УКЛ(П)0,38-450-150У3
5	Цех пресс-поковок	1080,68	497,77	600	УКЛ(П)Н-0,38-600-150У3
6	Арматурный цех	1691,67	779,2	2x450	УКЛ(П)0,38-450-150У3
7	Цех металлопокрытий	397,5	183,1	216	УКЛ(П)Н-0,38-216-36У3
8	Экспериментальный цех	357,07	164,47	216	УКЛ(П)Н-0,38-216-36У3
9	Котельная	2526,56	1163,763	2x600	УКЛ(П)Н-0,38-600-150У3

Таблица 4.2

№ цехов	Наименование цеха	Расчетная активная нагрузка цеха, $P_{pi}$ , кВт	Расчетная реактивная нагрузка цеха, $Q_{pi}$ , квар	Фактическая мощность ККУ, $Q_{пкфi}$ , квар	$Q_{pi} - Q_{пкфi}$ , квар	Полная нагрузка цеха $S_{pi}$ , кВА
1	Главный корпус	1372,97	1339,02	648	691,02	1537,06
2	Механический цех	1249,39	1224,24	600	624,24	1396,66
3	Литейный цех	2157,15	1575	900	675	2260,29
4	Компрессорная	2138,97	1559,25	900	659,25	2238,26
5	Цех пресс-поковок	1816,59	1080,68	600	480,68	1879,11
6	Арматурный цех	1311,84	1691,67	900	791,67	1532,21
7	Цех металлопокрытий	576,57	397,5	216	181,5	604,46
8	Экспериментальный цех	429,69	357,07	216	141,07	452,25
9	Котельная	3557,74	2526,56	1200	1326,56	3797,01

Таблица 4.3

№ цехов	№ ЦТП	Расчетная мощность цеха, кВА	Число и мощность тр-ров ЦТП	Коэф. загрузки, $K_3$	Коэф. загрузки аварийный $K_{3a}$	Кат.	Тип трансформаторов ЦТП
1,6	1	3069,27	4x1000	0,77	1,02	II	ТСЗ-1000/10
2	2	1396,66	3x1000	0,5	0,7	II	ТСЗ-1000/10
3	3	2260,29	3x1000	0,74	1,13	I	ТСЗ-1000/10
4	4	2238,26	3x1000	0,74	1,12	I	ТСЗ-1000/10
5	5	1879,11	3x1000	0,63	0,94	I	ТСЗ-1000/10
7,8	6	1056,71	2x1000	0,53	1,1	II	ТСЗ-1000/10
9	7	3797,01	5x1000	0,7	0,95	I	ТСЗ-1000/10

Фактическая суммарная мощность выбранных трансформаторов отличается от рассчитанной мощности. Это объясняется ограниченным количеством типоразмеров конденсаторных установок и трансформаторов.

## 4.2 Картограмма нагрузок

Расчетная максимальная нагрузка  $i$ -го цеха:

$$P_i = \pi r_i^2 m \quad (4.2)$$

где  $m = 300 \text{ см}^2/\text{кВт}$  масштаб для определения площади круга;

$$r_i = \sqrt{\frac{P_i}{(\pi \cdot m)}} \quad (4.3)$$

Силовые нагрузки до и выше 1кВ, а также осветительная нагрузка могут изображаться отдельными кругами или секторами в круге:

$$\alpha''_{BH} = \frac{360^\circ}{P_\Sigma} P_{BH} \quad \alpha_0^0 = \frac{360^\circ}{P_\Sigma} P_0$$

где  $P_\Sigma$  – суммарная осветительная, низковольтная и высоковольтная нагрузка цеха.

Координаты центра электрических нагрузок (ЦЭН) предприятия:

$$X_0 = \frac{\sum_1^n P_i X_i}{\sum_1^n P_i} \quad Y_0 = \frac{\sum_1^n P_i Y_i}{\sum_1^n P_i}$$

где  $P_i$  – активная мощность  $i$ -го цеха;

$X_i, Y_i$ , - его координаты.  $X_0 = 90,55 \text{ мм}$ ,  $Y_0 = 50,35 \text{ мм}$

Данные для построения картограммы нагрузок сведены в таблицу 4.4.

Таблица 4.4

Данные для построения картограммы нагрузок

№	$S_i$ , кВА	$r_i$ , см	$S_0$ , кВт	$\alpha_0$	$S_{BH}$ , кВт	$\alpha_{BH}$
1	1917,82	1,43	60,47	11,35		
2	1749,21	1,36	49,39	10,16		
3	5549,31	2,43	57,15	3,71	2822,35	186,9
4	4536,31	2,19	59,97	4,76	1896,55	150,5
5	2113,73	1,5	61,91	10,54		
6	2140,71	1,51	43,1	7,25		
7	700,32	0,86	46,57	23,94		
8	558,69	0,8	79,69	51,34		
9	4363,6	2,15	189	15,59		



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.02-ЭП-16-КП-018-18-ПЗ

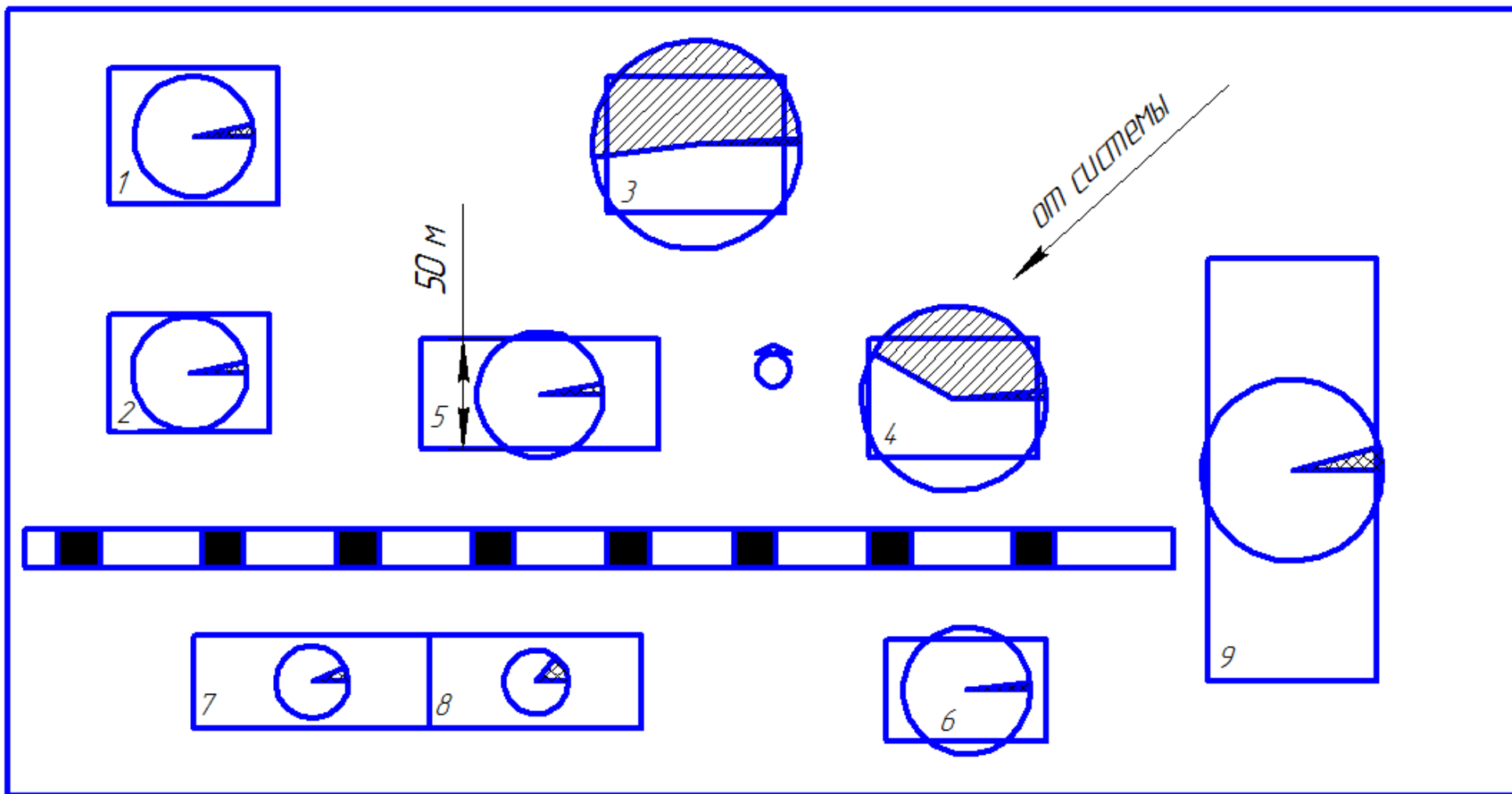


Рис. 4.1. Картограмма нагрузок

### 4.3 Балансовый расчет компенсирующих устройств

Для балансового расчета КУ необходимо определить некомпенсированную реактивную нагрузку на стороне 6, 10 кВ каждой цеховой подстанции:

$$Q_{Тнагi} = Q_{maxTi} - Q_{нкi} + \Delta Q_{mi}$$

где  $Q_{maxTi}$  - реактивная нагрузка ТП без учета КУ;

$Q_{нкi}$  - фактическая реактивная мощность, выбранных низковольтных компенсирующих устройств;

$\Delta Q_{mi}$  - потери реактивной мощности в трансформаторах  $i$  подстанции.

Значение  $\Delta Q_{mi}$  выбираем в соответствии с  $K_3$  и числом трансформаторов.

$$\Delta Q_{Ti} = Q_{1Ti} * n_T$$

$$\Delta Q_{T1} = 46,6 * 4 = 186,4 \text{ квар}$$

Аналогично считаем соответствующие цеховые подстанции. Результаты сводим в таблицу 4.3.

где  $n_T$  - количество трансформаторов соответствующей цеховой подстанции.

Суммарная реактивная мощность высоковольтных КУ определяется как:

$$Q_{вк} = \sum Q_{p\uparrow i} + \sum Q_{maxTi} + \sum \Delta Q_{Ti} + \Delta Q_{ГПП} - Q_{э1} - \sum Q_{нкfi} - Q_{сд}$$

Приравниваем  $Q_{сд}$  к нулю, если  $Q_{вк} < 0$ , то  $Q_{вкб}$  не требуется.

$$Q_{Тнаг1} = Q_{maxT1} - Q_{нк1} + \Delta Q_{m1}$$

$$Q_{Тнаг1} = 791,67 + 691,02 + 46,6 * 4 = 1669,08$$

Аналогично просчитываем каждую цеховую подстанцию. Результаты сводим в таблицу 4.3.

										Лист
										18
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

Таблица 4.3

№ ЦТП	1	2	3	4	5	6	7
$\Delta Q_{Ti}$ , квар	186,4	84	135	135	108,3	59,6	205
$Q_{Тнаги}$ ,квар	1669,08	708,24	810	795,3	588,98	382,17	1531,56

Суммарная реактивная мощность высоковольтных КУ (при  $Q_{сд}=0$ ):

$$Q_{вк} = \sum Q_{p\uparrow i} + \sum Q_{maxTi} + \sum \Delta Q_{Ti} + \Delta Q_{ГПП} - Q_{э1} - \sum Q_{нкфi}$$

$$Q_{вк} = 2432,47 + 5570,99 + 913,3 + 4028,32 - 14588,27 = -1622,2 \text{ квар}$$

Так как  $Q_{вк} < 0$  - синхронные двигатели в качестве компенсирующих устройств не требуются.

В противном случае необходимо выбрать  $Q_{вкб}$ .

## 5. ВЫБОР СХЕМЫ ПИТАНИЯ ПОДСТАНЦИЙ И РАСЧЕТ ПИТАЮЩИХ ЛИНИЙ

### 5.1 Выбор схемы внешнего и внутреннего электроснабжения предприятия

На ГПП завода устанавливаются выкатные ячейки КРУ. Принимаем к установке ячейки КРУ2-10Э с параметрами:

Номинальные токи: 630, 1000, 1600А

Тип выключателя: ВМПЭ-10

Тип привода: ПЭВ-12

Для распределительных устройств, выполненных по простейшим схемам, используются камеры КСО-366 (стандартные стационарные одностороннего обслуживания). Принимаем ячейки КСО-366:

Номинальный ток: 600А

Тип разъединителя: РВЗ-10

Тип выключателя: ВМПз-17

Тип привода: ПРА-17

Тип трансформатора напряжения: НТМИ-10

Тип трансформатора тока: ТПЛ-10

					13.03.02-ЭП-16-КП-018-18-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

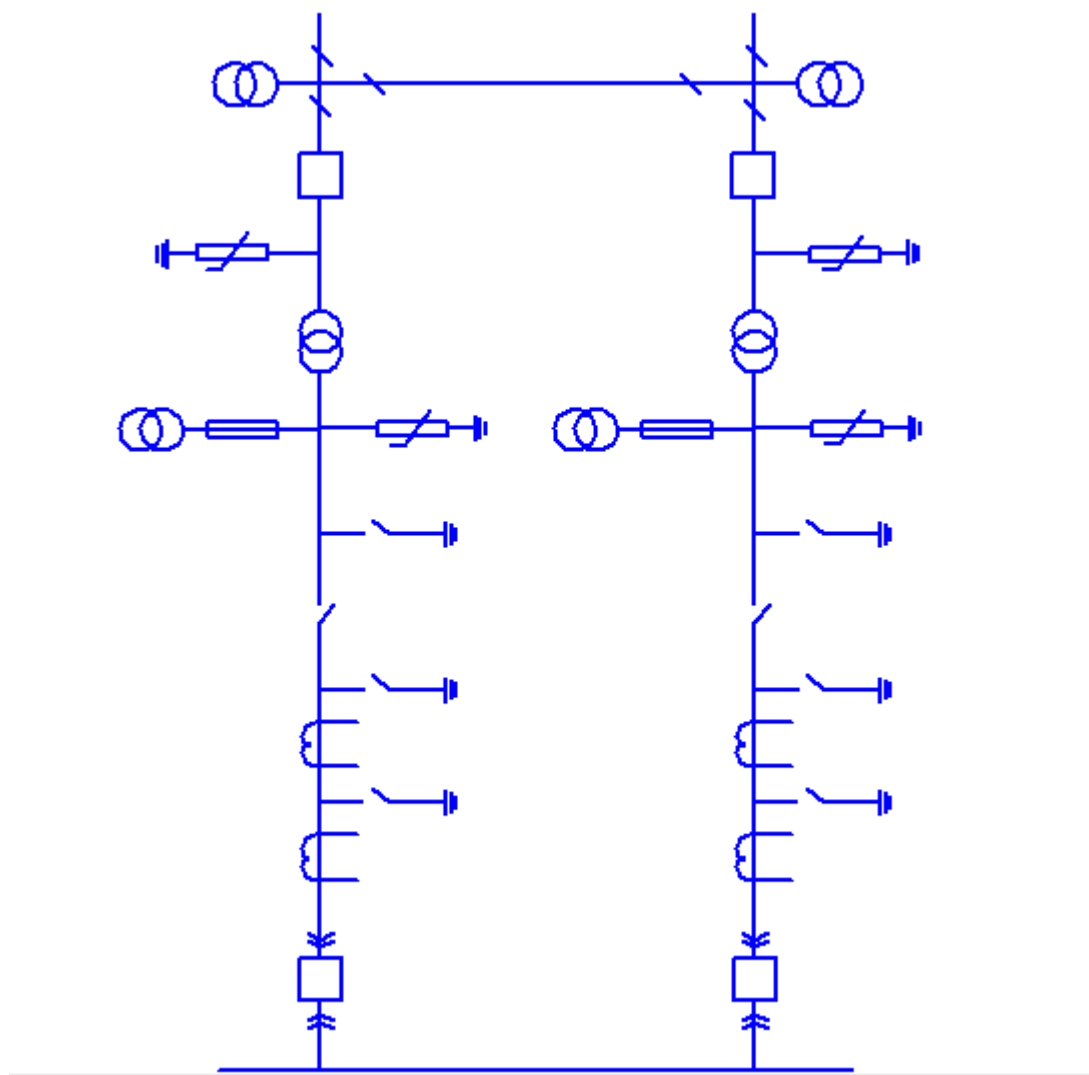


Рис. 5.1 Схема внешнего электроснабжения предприятия

					13.03.02-ЭП-16-КП-018-18-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.02-ЭП-16-КП-018-18-ПЗ

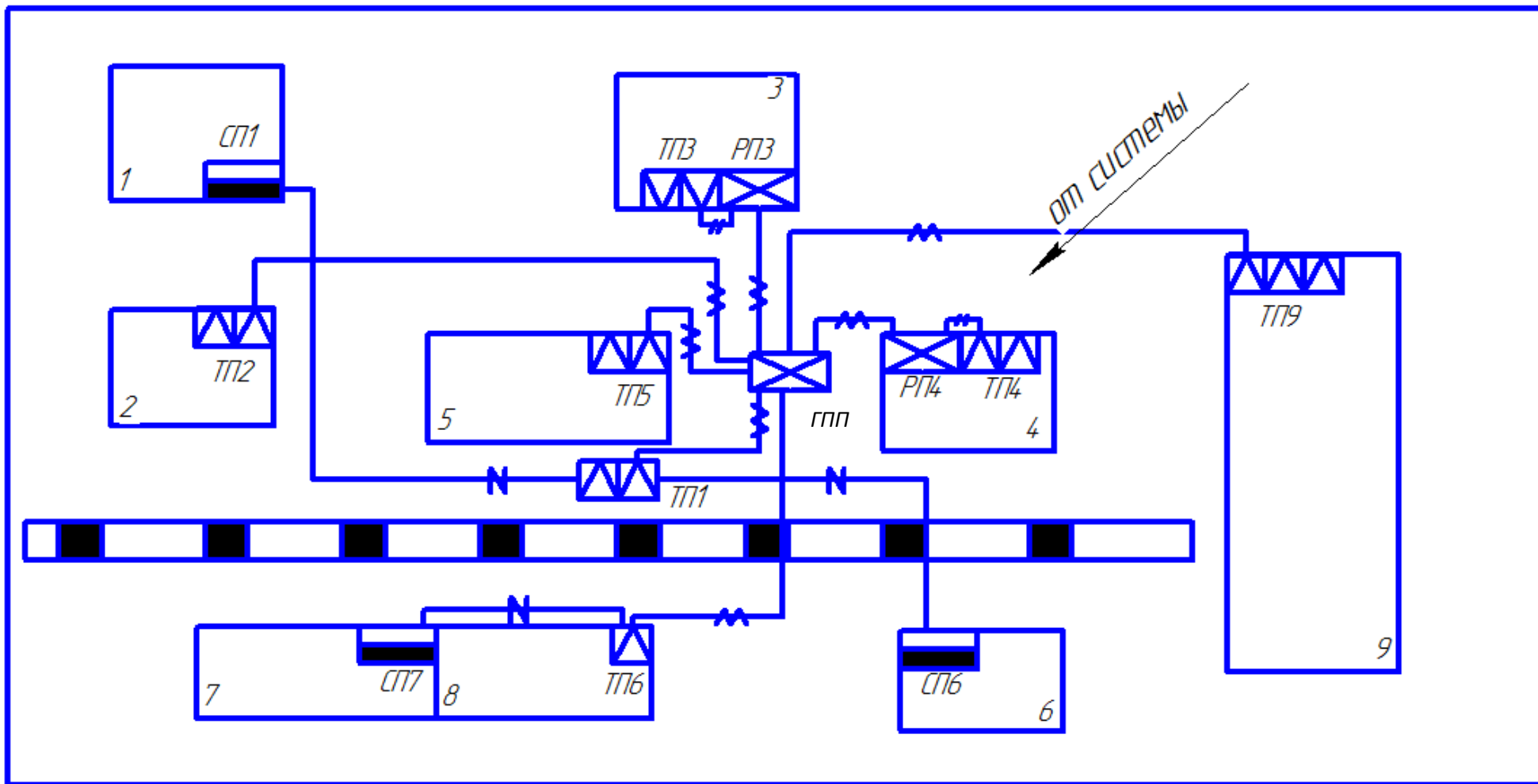


Рис. 5.2 Разводка кабельных трасс с расположением ТП и РП

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.02-ЭП-16-КП-018-18-ПЗ

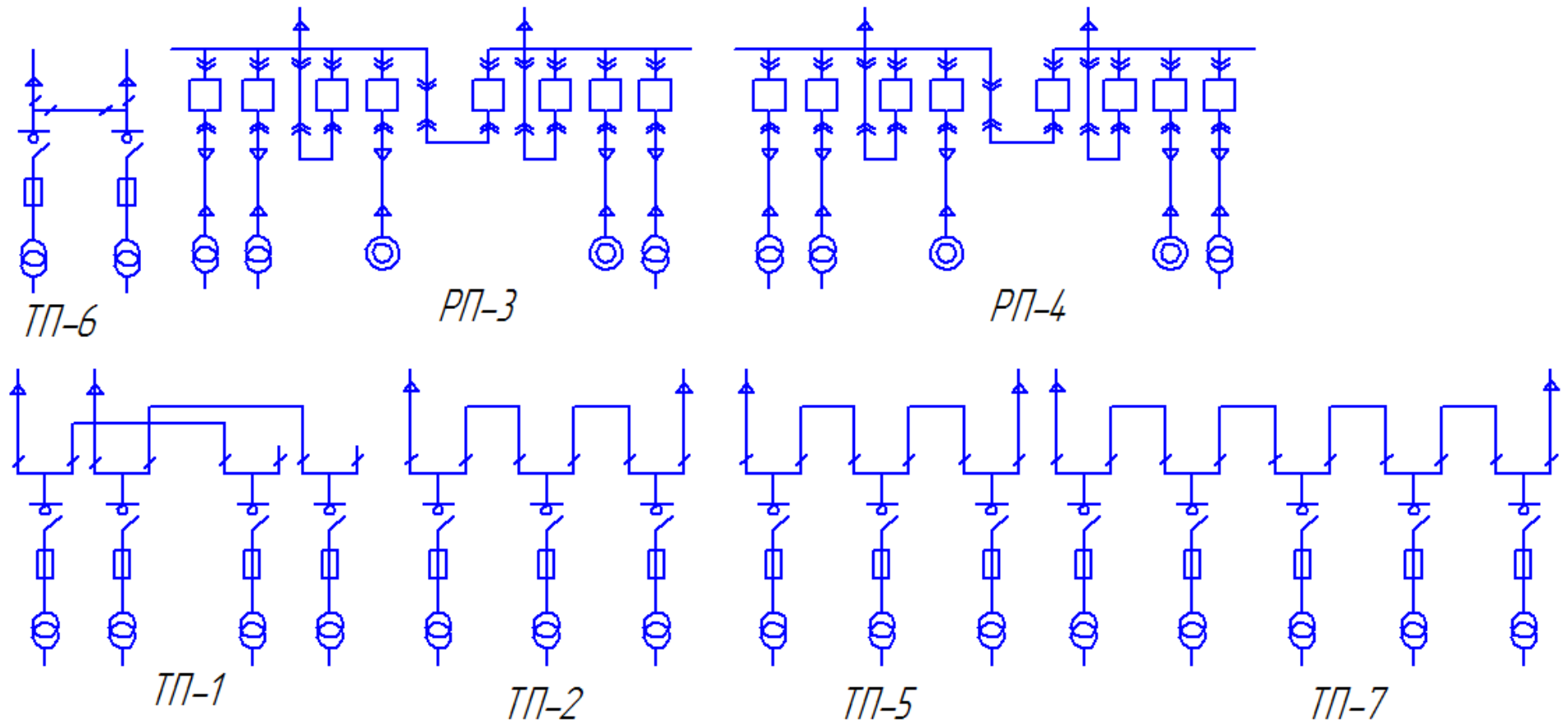


Рис. 5.3 Схема внутреннего электроснабжения предприятия

Изм.Лист	
Лист	
№ доп.Листа	
Подпись	
Дата	

13.03.02-ЭП-16-КП-018-18-ПЗ

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	15	16	17	18
Сборные шины 10кВ																	
Схема первичных соединений															аналогично 11	аналогично 12	аналогично 10
Назначение шкафа	резерв	ТН	ТСН	ТП6	РПЗ	РП4	ТП1	ТП2	ТП5	ТП7.	для ввода	для ввода	ввод питания	ТН	для ввода	для ввода	ТП7
Номенкл. обознач. шкафа	01	218	601	01	01	01	01	01	01	01	401	26	401	05	401	26	01
Тип выкл. ном. ток	ВМПЭ-10 630	-	-	ВМПЭ-10 630	ВМПЭ-10 630	ВМПЭ-10 630	ВМПЭ-10 630	ВМПЭ-10 630	ВМПЭ-10 630	ВМПЭ-10 630	1600	ВМПЭ-10 1600	1600	ВМПЭ-10 1000	1600	ВМПЭ-10 1600	ВМПЭ-10 630
Тип изм. тр. ном. ток	ТПОЛ-10 600	НТМИ-10		ТПОЛ-10 600	ТПОЛ-10 600	ТПОЛ-10 600	ТПОЛ-10 600	ТПОЛ-10 600	ТПОЛ-10 600	ТПОЛ-10 600	-	ТПОЛ-10 1500		ТПОЛ-10 1000		ТПОЛ-10 1500	ТПОЛ-10 600
Число и сечение жил кабел.											-	-	-	-			



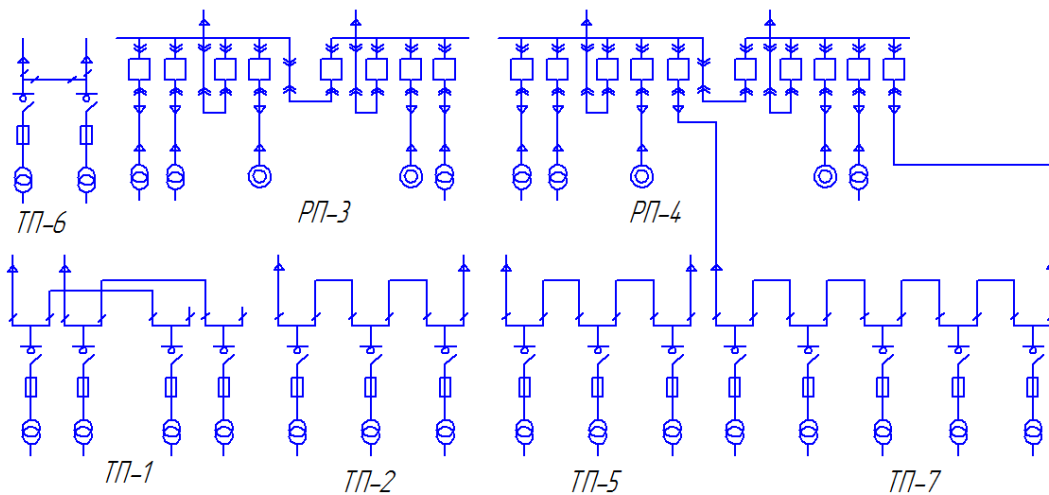
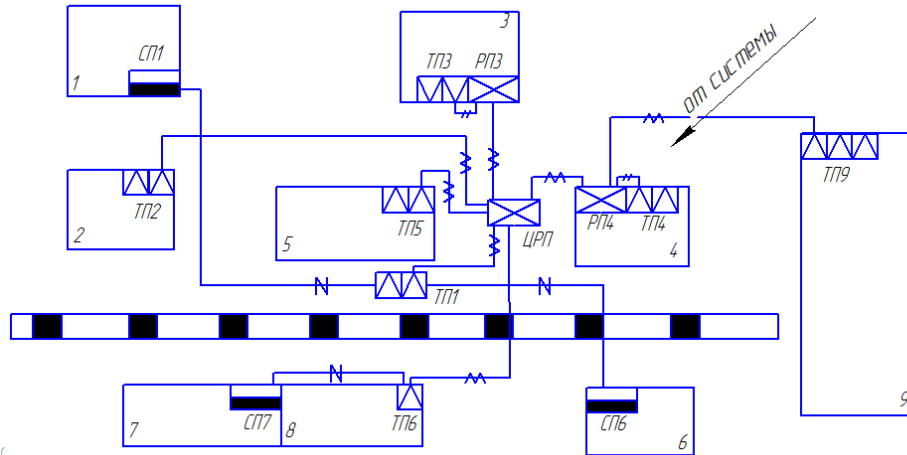
Изм.Лист	Лист	№ доп.Листа	Подпись	Дата

13.03.02-ЭП-16-КП-018-18-ПЗ

№	12	14	15	16	17	18	19	20	21
Сборные шины 10кВ									
Схема первичных соединений	аналогично 9	аналогично 8	аналогично 7	аналогично 6	аналогично 5	аналогично 4	аналогично 3	аналогично 2	аналогично 1
Назначение шкафа	ТП5	ТП2	ТП1	РП4	РП3	ТП6	ТСН	ТН	резерв
Номенкл. обознач. шкафа	01	01	01	01	01	01	601	218	01
Тип выкл. ном. ток	ВМПЭ-10 630	ВМПЭ-10 630	ВМПЭ-10 630	ВМПЭ-10 630	ВМПЭ-10 630	ВМПЭ-10 630			ВМПЭ-10 630
Тип изм. тр. ном. ток	ТПОЛ-10 600	ТПОЛ-10 600	ТПОЛ-10 600	ТПОЛ-10 600	ТПОЛ-10 600	ТПОЛ-10 600		НТМИ-10	ТПОЛ-10 600
Число и сечение жил									

## 5.2 Техничко-экономические расчеты в электроснабжении

- 1) Намечаем два варианта питания цеха (от РП соседнего цеха).
- 2) Определяем схему соединения для каждого из вариантов.
- 3) Определяем длины кабелей и сечения кабелей.



Так как от распределительного пункта РП4 проложили кабельную линию питающую ТП-9 - в схеме заполнения ячеек ЦРП убираем два присоединения [01] и переносим их в РП4.

Сечение кабелей выбирается по следующим пунктам:

- 1) По экономической плотности тока:

$$F_{\text{э}} = \frac{I_p}{j_{\text{э}}}$$

где  $I_p$  – расчетный ток нормального режима рассматриваемой линии;

$j_{э}$  – экономическая плотность тока. Для числа часов использования максимума нагрузки  $T_m = 4000$  ч/год  $j_{э} = 1,1$  А/мм<sup>2</sup>.

$$I_P = \frac{S_P}{\sqrt{3}U_{НОМ}}$$

Расчёт исходного варианта прокладки кабелей:

ТП4:

$$I_P = \frac{S_P}{\sqrt{3}U_{НОМ}} = \frac{2238,26+1896,55}{\sqrt{3} 10} = 239A;$$

ТП9:

$$I_P = \frac{S_P}{\sqrt{3}U_{НОМ}} = \frac{3797,01}{\sqrt{3} 10} = 219,5A;$$

$$F_{э} \text{ ТП4} = \frac{I_P}{j_{э}} = \frac{239}{1,1} = 217,27 \text{ мм}^2$$

$$F_{э} \text{ ТП9} = \frac{I_P}{j_{э}} = \frac{219,48}{1,1} = 199,53 \text{ мм}^2$$

Выбираем  $F_{э} = 120$  мм<sup>2</sup> (2 кабеля) для ТП4 и ТП9.

Расчёт второго варианта прокладки кабелей:

ТП4:

$$I_P = \frac{S_P}{\sqrt{3}U_{НОМ}} = \frac{2238,26 + 1896,55 + 3797,01}{\sqrt{3} 10} = 458,5A$$

ТП9:

$$I_P = \frac{S_P}{\sqrt{3}U_{НОМ}} = \frac{3797,01}{\sqrt{3} 10} = 219,5A$$

$$F_{э} \text{ ТП4} = \frac{I_P}{j_{э}} = \frac{458,5}{1,1} = 416,82 \text{ мм}^2$$

$$F_{э} \text{ ТП9} = \frac{I_P}{j_{э}} = \frac{219,48}{1,1} = 199,53 \text{ мм}^2$$

Выбираем для ТП4  $F_{э} = 240$  мм<sup>2</sup> (2 кабеля) и для ТП9  $F_{э} = 120$  мм<sup>2</sup> (2 кабеля).

						Лист
					13.03.02-ЭП-16-КП-018-18-ПЗ	27
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$З = E \sum K_{0i} L_{0i} + \sum K_{0i} L_{0i} \frac{A}{100}$$

где

$K_{0i}$  - удельная стоимость кабельной линии, руб./м (для 120 мм<sup>2</sup> - 17,6 тыс./км; для 240 - 23,7 тыс./км).

$L_{0i}$  - длина кабельной линии, м

1 вариант:

$$З_1 = 0,12 * 17,6 * (11 + 40 + 2) + 17,6 * (11 + 40 + 2) \frac{8,5}{100} = 191,23 \text{ руб.}$$

$$З_2 = 0,12 * 17,6 * 10 + 17,6 * 10 \frac{8,5}{100} = 36,08 \text{ руб.}$$

$$З = З_1 + З_2 = 227,31 \text{ руб.}$$

2 вариант:

$$З_1 = 0,12 * 23,7 * 10 + 23,7 * 10 \frac{8,5}{100} = 48,59 \text{ руб.}$$

$$З_2 = 0,12 * 17,6 * (9 + 26 + 2) + 17,6 * (9 + 26 + 2) \frac{8,5}{100} = 133,49 \text{ руб.}$$

$$З = З_1 + З_2 = 182,08 \text{ руб.}$$

Результат расчёта показал, что второй вариант прокладки кабелей экономичней.

										Лист
										28
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.02-ЭП-16-КП-018-18-ПЗ					

### 5.3 Выбор сечения ВЛ питающих промышленное предприятие линий

Сечение ВЛ выбирается по экономической плотности тока:

$$F_{\text{э}} = \frac{I_P}{j_{\text{э}}}$$

где  $I_P$  – расчетный ток нормального режима рассматриваемой линии;  
 $j_{\text{э}}$  – экономическая плотность тока. Для числа часов использования максимума нагрузки  $T_m = 4000$  ч/год  $j_{\text{э}} = 1,1$  А/мм<sup>2</sup>.

$$I_P = \frac{S_P}{\sqrt{3}U_{\text{НОМ}}}$$

где  $S_P$  - расчетная мощность нагрузки предприятия до и выше 1 кВ с учетом компенсирующих устройств, кВА

$$I_P = \frac{\sqrt{(1372,99 + 1249,69 + 2175,15 + 2138,97 + 1816,59 + 1311,84 + 576,57 + 429,69 + 3557,74)^2 + (691,02 + 624,24 + 675 + 659,3 + 480,68 + 791,6 + 181,5 + 141,07 + 1326,5)^2}}{\sqrt{3} \cdot 220}$$

= 53,64 А;

$$F_{\text{э}} = \frac{53,64}{1,1} = 48,76 \text{ мм}^2$$

Для линии напряжением 220 кВ выбираем сечение  $F=240$  мм<sup>2</sup>.

Потери напряжения линии:

$$U_2 = \sqrt{U_1^2 - \left(\frac{PX-QR}{U}\right)^2} - \frac{PR+QX}{U}, \text{ где } Q=Q_{\text{э1}},$$

$$U_2=219,5 \text{ кВ}$$

## 5.4 Выбор сечения кабельных линий выше 1 кВ

Сечение кабелей выше 1 кВ выбирается по следующим пунктам:

1) По экономической плотности тока:

$$F_{\text{э}} = \frac{I_P}{j_{\text{э}}}$$

где  $I_P$  – расчетный ток нормального режима рассматриваемой линии;  
 $j_{\text{э}}$  – экономическая плотность тока. Для числа часов использования максимума нагрузки  $T_m = 4000$  ч/год  $j_{\text{э}} = 1,1 \text{ А/мм}^2$ .

$$I_P = \frac{S_P}{\sqrt{3}U_{\text{НОМ}}}$$

Расчетная нагрузка нормального режима РПЗ  $S_P$  находится исходя из мощности присоединенных к РПЗ трансформаторов ТПЗ и высоковольтной нагрузки литейного цеха.

По экономической плотности тока выбираем кабель ААБ с ближайшим сечением  $150 \text{ мм}^2$  ( $I_{\text{доп}} = 450 \text{ А}$ ).

2) По нагреву током нормального режима:

$$I = K_{\text{пр}} \cdot I_{\text{доп}} = 0,92 \cdot 450 = 414 \text{ А}$$

где  $K_{\text{пр}} = 0,92$  – коэффициент прокладки для двух кабелей, проложенных в траншее.

3) По нагреву током аварийного режима:

$$I_{\text{ДОП}} = \frac{I_{\text{доп}} \cdot K_{\text{пр}}}{K_{\text{пер}}} = \frac{450 \cdot 0,92}{2} = 207 \text{ А}$$

4) На потерю напряжения кабельные линии выше 1кВ не проверяются, так как длина их не превышает 400 м.

										Лист
										30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

Таблица 5.1

## Выбор сечения кабельных линий выше 1 кВ

№ линии	Наименование линии	Способ прокладки и длина КЛ, м	Кол-во КЛ и марка	Расчетная нагрузка на один кабель $I_p$		Ток, А			Сечение $mm^2$	Выбранное сечение КЛ, $mm^2$
				Норм. режим, А	Аварийный режим, А	По экон. плотн. тока	По нагреву норм. реж.	По нагреву авар. реж.	По току КЗ	
1	ГПП-(РПЗ+ТПЗ)	Транш. 89	2хААБ	148,63	297,26	165	414	207	69,8	150
2	ГПП-(РП4+ТП4)	Транш. 30	2хААБ	119,5	239	132	220,8	120,4	70,64	120
3	ГПП-ТП9	Транш. 278	2хААБ	109,74	219,46	132	220,8	157,71	84,25	120
4	ГПП-ТП1	Транш. 90	2хААБ	89	178	104,5	188,6	134,71	87,16	95
5	ГПП-ТП2	Транш. 292	2хААБ	40,4	80,8	55	128,8	92	47,49	50
6	ГПП-ТП5	Транш. 32	2хААБ	54,3	108,6	55	128,8	92	47,04	50
7	ГПП-ТП6	Транш. 65	2хААБ	31	62	38,5	105,8	75,6	49,97	50

13.03.02-ЭП-16-КП-018-18-ПЗ

## 6. РАСЧЕТ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ И ПРОВЕРКА НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ТОКАМ КЗ ОСНОВНОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

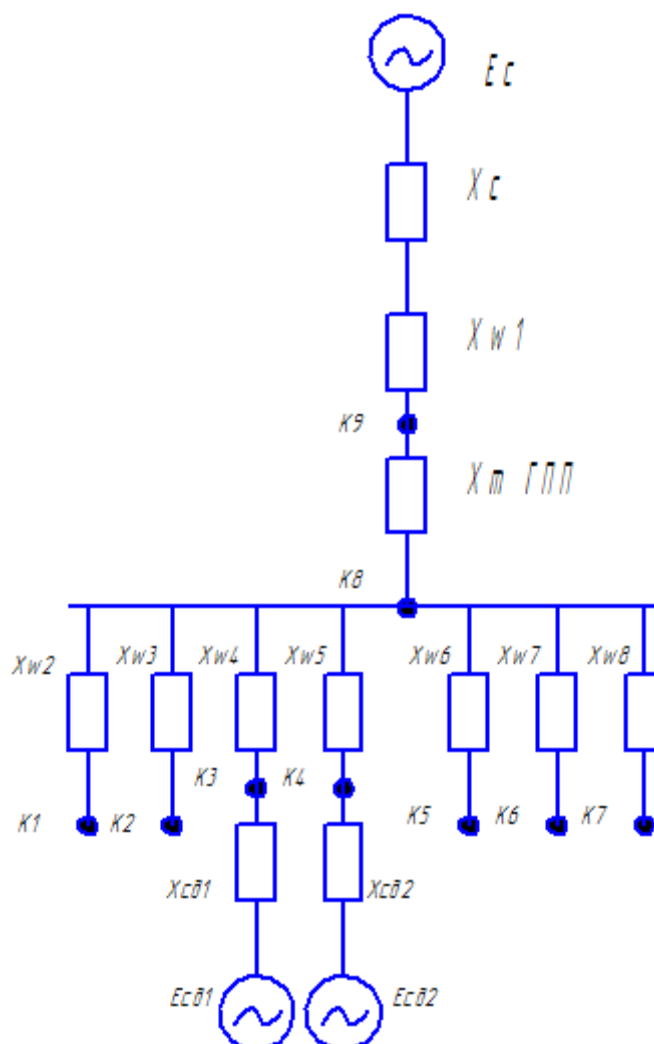


Рис. 6.1 Расчетная схема замещения для расчета токов КЗ

Расчет токов КЗ проводим в относительных единицах.

Принимаем  $U_6 = 10$  кВ,  $S_6 = 1000$  МВА. Тогда

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_6} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10} = 57,8 \text{ кА}$$

Сопротивление системы:

$$x_c = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot I_{\text{ном.откл.}} \cdot U_{\text{ср}}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 12,5 \cdot 230} = 0,2 \text{ Ом}$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------



Сопротивление синхронного двигателя:

$$x_{cd1} = x''_d \frac{S_{\sigma}}{S_{Hcd}} = 0,2 \frac{1000}{2,8} = 71,43$$

$$x_{cd2} = x''_d \frac{S_{\sigma}}{S_{Hcd}} = 0,2 \frac{1000}{2,24} = 89,29$$

Сопротивление двухобмоточного трансформатора:

$$x_m = \frac{X_{m\%}}{100} \frac{S_{\sigma}}{S_{ном}} = \frac{12}{100} \frac{1000}{40} = 3$$

Сопротивления линий:

$$x_{w1} = x_0 \cdot l \cdot \frac{S_{\sigma}}{U_{\sigma}^2} = 0,435/2 \cdot 9 \cdot \frac{1000}{230^2} = 0,074$$

$$r_{w1} = r_0 \cdot l \cdot \frac{S_{\sigma}}{U_{\sigma}^2} = 0,121/2 \cdot 9 \cdot \frac{1000}{230^2} = 0,02$$

Сведем сопротивления линий в таблицу:

№ КЛ/ВЛ	Гуд, Ом/км	Худ, Ом/км	n	L, км	Ucp	R, Ом	X, Ом
ВЛ	0,121	0,435	2	9	230	0,02	0,074
4	0,326	0,083	2	0,09	10,4	0,27	0,07
5	0,62	0,09	2	0,292	10,4	1,67	0,242
1	0,206	0,079	2	0,089	10,4	0,17	0,066
2	0,258	0,081	2	0,03	10,4	0,072	0,022
6	0,62	0,09	2	0,032	10,4	0,18	0,026
7	0,89	0,095	2	0,065	10,4	0,53	0,058
3	0,258	0,081	2	0,278	10,4	0,663	0,208

1) Точка К1:

$$I_{no1} = \frac{E_2 * \left(\frac{1}{x_c+x_m+x_w1}\right) + E_{cd1} * \left(\frac{1}{x_{cd1}+x_w4}\right) + E_{cd2} * \left(\frac{1}{x_{cd2}+x_w5}\right)}{\left(\frac{1}{x_c+x_m+x_w1} + \frac{1}{x_{cd1}+x_w4} + \frac{1}{x_{cd2}+x_w5}\right)} /$$

$$/ \left(\frac{1/1}{x_c + x_m + x_w1} + \frac{1/1}{x_{cd1} + x_w4} + \frac{1/1}{x_{cd2} + x_w5} + x_w2\right) * I_0 =$$

$$= \frac{1 * \left(\frac{1}{0,2+3+0,074}\right) + 0,95 * \left(\frac{1}{71,43+0,07}\right) + 0,95 * \left(\frac{1}{89,29+0,242}\right)}{\left(\frac{1}{0,2+3+0,074} + \frac{1}{71,43+0,07} + \frac{1}{89,29+0,242}\right)} / \left(\frac{1}{0,2 + 3 + 0,074} + \frac{1}{71,43 + 0,07} + \frac{1}{89,29 + 0,242} + 0,022\right) * 57,8 = 15,35 \text{ кА}$$

$$i_y = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_{no1} = \sqrt{2} \cdot 1,82 \cdot 15,35 = 39,4 \text{ кА}$$

$$I_y = K_y \cdot I_{no1} = 1,82 \cdot 15,35 = 27,95 \text{ кА}$$

$$B_{к1} = I_{no}^2 \cdot (t_{кз расч} + T_a) = 15,35^2 \cdot (0,1 + 0,06) = 37,73 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

Проверка токопровода на термическую устойчивость осуществляется по тепловому импульсу  $B_{к1}$ :

$$F_m = \frac{\sqrt{B_{к1}}}{G_m} = \frac{\sqrt{37,73 \cdot 10^6}}{85} = 69,81 \text{ мм}^2$$

Выбранное сечение токопровода больше 69,81 мм<sup>2</sup> и проходит проверку по термической устойчивости к токам КЗ.

Аналогично рассчитываем соответствующие точки короткого замыкания и результаты заносим в таблицу:

	К1	К2	К3	К4	К5	К6	К7	К8	К9
$I_{но}, \text{кА}$	15,36	15,54	18,54	19,18	10,45	10,35	11	49,8	50,29
$i_{уд}, \text{кА}$	39,4	39,88	47,56	49,2	26,82	26,55	28,21	127,79	121,26
$I_{уд}, \text{кА}$	27,94	28,29	33,73	34,9	19,02	18,83	20,01	90,63	86
$B_{к1}, \text{кА}^2 \cdot \text{с}$	37,73	38,65	54,97	58,83	17,47	17,14	19,34	396,79	404,68
$F_m, \text{мм}^2$	69,8	70,64	85,25	87,16	47,5	47,04	49,97	226,36	228,6

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В курсовом проекте была разработана схема электроснабжения машиностроительного завода. При расчете учитывалась компенсация реактивной мощности. Схема внутривозовского электроснабжения построена по смешанному принципу. Для распределения электроэнергии по заводу выбраны кабели марки ААБ, проложенные в траншеях. В качестве основного оборудования на ГПП установлены ячейки с выключателями типа КРУ2-10Э. Оборудование проверено на действие токов короткого замыкания.

					<i>13.03.02-ЭП-16-КП-018-18-ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Проектирование районной электрической сети: Методические указания к курсовому проекту / И.В. Игнатъев, А.В. Струмемяк - Братск: БрГУ, 2014. - 82 с.
2. Идельчик В.И. Электрические системы и сети. – М.: Энергоатомиздат, 1989. –592 с.
3. Правила устройства электроустановок. - М.: Энергоатомиздат, 1987. – 446 с.

					<i>13.03.02-ЭП-16-КП-018-18-ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36