



## **«Проектирование систем электроснабжения промышленных предприятий »**

Курсовой проект

## Содержание

Введение

Реферат

Исходные данные

1. Ведомость электрических нагрузок

2. Расчет электрических нагрузок

2.1. Силовые электрические нагрузки

2.2. Электрические нагрузки освещения

2.3. Суммарные электрические нагрузки цехов

2.4. Картограмма нагрузок

2.5. Выбор компенсирующих устройств

2.6. Определение координат центра электрических нагрузок

3. Выбор числа и мощности цеховых трансформаторных подстанций

3.1. Выбор числа и мощности цеховых трансформаторных подстанций

4. Разработка системы внутризаводского электроснабжения

4.1. Расчет потерь в трансформаторах

4.2. Потери в трансформаторах

4.3. Нагрузки на стороне высокого напряжения трансформаторных подстанций

4.4. Выбор места положения ГПП или ГРП

4.5. Длины кабельных линий

4.6. Количество ячеек отходящих линий ГРП

4.7. Расчет электрических нагрузок на головных участках магистралей

4.8. Выбор сечений кабелей по нагреву

4.9. Выбор сечений по экономической плотности тока

5. Техничко-экономическое сравнение вариантов

5.1. Определение капитальных затрат

5.2. Определение издержек на эксплуатацию

6. Уточненный расчет выбранного варианта

- 6.1. Проверка выбранных сечений по потере напряжений
  - 6.1.1. Сопротивления кабельных линий
  - 6.1.2. Определение потери напряжения
- 6.2. Разработка системы внешнего электроснабжения
  - 6.2.1. Определение расчетных электрических нагрузок предприятия
  - 6.2.2. Проверка по потере напряжения
- 6.3. Расчет токов короткого замыкания
- 6.4. Составление схемы замещения
- 6.5. Результаты расчета токов кз
- 7. Выбор оборудования
  - 7.1. Выключатели
  - 7.2. Предохранители
  - 7.3. Разъединитель
  - 7.4. Выключатели нагрузки
  - 7.5. Выбор измерительных трансформаторов
    - 7.3.1. Трансформаторы тока
    - 7.3.2. Трансформаторы напряжения
- 8. Расчет внутренней сети
- 9. Расчет заземляющего устройства
- Вывод

## Введение

В настоящее время, в эпоху электрификации, когда электрооборудование применяется повсеместно, одной из главных задач при строительстве любого объекта, является правильное проектирование системы электроснабжения.

Одной из самых электропотребляемых производств, является железнодорожный транспорт. Данную отрасль, можно разделить на две группы, по признаку электропотребителя. Первая группа – контактная сеть. Вторая группа – предприятия железнодорожного транспорта.

Предприятия ж.д. транспорта включают в себя как объекты обслуживающие ж.д. (вокзалы, депо, станции и т.д.) так и отдельные большие предприятия производящие продукцию для нужд ж.д. транспорта. Предприятия ж.д. используют обширный перечень производственных механизмов на электропитании. Вот наиболее часто используемые агрегаты:

- Электродвигатели производственных механизмов встречаются в предприятиях всех служб. Наибольшие установленные мощности электропривода станков и других механизмов относятся к локомотивному и вагонному хозяйствам.

- В цехах локомотивных и вагонных депо установлены токарные, сверлильные, фрезерные, строгальные, шлифовальные, токарно-карусельные, винторезные и другие станки. Кроме станков, к потребителям этой группы могут быть отнесены молоты, установленные в кузнечных цехах локомотивных и вагонных депо.

- Станочное оборудование с электроприводом, как правило, небольшой мощности установлено в механических мастерских предприятий служб пути, грузового хозяйства, сигнализации и связи, электрификации и энергетического хозяйства, гражданских сооружений, отдела водоснабжения и др.

- К силовым общепромышленным установкам относятся компрессоры, насосы, вентиляторы и подъемно-транспортные устройства.

- Компрессорные установки широко применяются в железнодорожном транспорте - в локомотивных и вагонных депо для снабжения сжатым воздухом пневматического инструмента, проверки тормозной системы подвижного состава и других нужд.

- Вентиляторы устанавливаются в производственных и служебно-бытовых зданиях для систем приточно-вытяжной вентиляции, калориферного отопления, в установках для сушки тяговых двигателей в локомотивных депо, местного отсоса в цехах и т.д.

- Потребители рассматриваемой группы работают как правило в продолжительном режиме.

- Подъемно-транспортные механизмы (мостовые краны, тали, кран-балки, электродомкраты и др.) применяются в локомотивных депо и других хозяйствах. Потребители этой группы работают в повторно-кратковременном режиме с частыми толчками нагрузки.

Электроосветительные нагрузки применяются на всех железнодорожных станциях, в хозяйствах всех служб. Наряду с нагрузками внутреннего освещения производственных, служебно-бытовых, административных, жилых и других зданий значительную долю нагрузок составляет наружное освещение станций, территорий предприятий и поселков.

В отношении обеспечения надежности электроснабжения потребители делятся на три категории.

- К первой категории относятся электроприемники, перерыв в электроснабжении которых может повлечь за собой опасность для жизни людей, срыв графика поездов, принести значительный ущерб железнодорожному транспорту и народному хозяйству в целом. Электроснабжение должно обеспечиваться от двух независимых источников питания, и перерыв электроснабжения допускается на время автоматического восстановления питания.

- Ко второй категории относятся электроприемники, перерыв в электроснабжении которых приводит к нарушению производственного цикла и массовым простоям рабочих энергоемких предприятий. Рекомендуется обеспечивать питание от двух независимых источников питания. Перерыв в электроснабжении допустим лишь на время включения второго источника питания дежурным персоналом или выездной бригадой.

- К третьей категории относятся все остальные электроприемники, не относящиеся к первой и второй категориям. Электроснабжение может выполняться от одного источника питания при условии, что перерывы электроснабжения, необходимые для восстановления электроснабжения, не превышают одних суток.

## **Реферат**

В курсовом проекте рассчитаны электрические нагрузки цехов, определен центр электрических нагрузок. Выбрано место положения главной распределительной подстанции. Рассчитаны мощности цехов с учетом потерь в трансформаторах и с учетом компенсации реактивной мощности на низкой стороне. Для сети 10кВ выбраны кабельные линии. Рассмотрены два варианта схем электроснабжения – магистральная и радиальная схемы. Рассчитаны ток короткого замыкания для РУ-10 кВ, выбрано и проверено оборудование для схемы электроснабжения. Нарисована однолинейная схема электроснабжения.

## Исходные данные

Таблица 1

### Удельная плотность нагрузки

№	Потребитель электроэнергии	$P_{уд}, \frac{Вт}{м^2}$
1	Административные здания	30...50
2	Ремонтные мастерские	50...80
3	Деревообрабатывающие цеха	75...140
4	Лаборатории промышленных предприятий	130...290
5	Литейные цехи	230...270
6	Механические, сборочные, термические и инструментальные цехи	200...600
7	Освещение цехов	5...20

Таблица 2

### Характеристики цехов предприятия

№	Наименование цеха	$P_{уст}, кВт$	Размеры цеха		$F, м^2$	$P_{уд}, \frac{Вт}{м^2}$
			А, м	В, м		
1	Инструментальный	1129	40	90	3600	313,61
2	Литейный	1025	55	80	4400	232,95
3	Сборочный	1048	90	46	4140	253,14
4	Механический	980	40	60	2400	408,33
5	Термический	661	40	60	2400	275,42
	ИТОГО	4843				

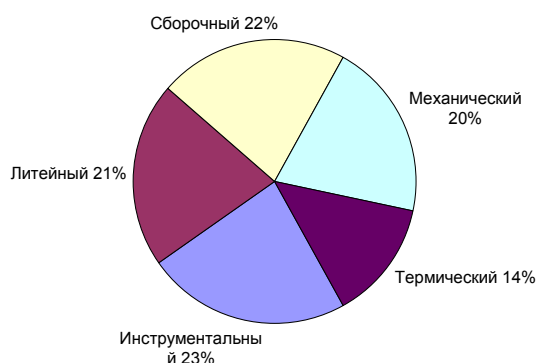


Рис.1. Структура установленной мощности предприятия



## 1. Ведомость нагрузок

Таблица 3

N	Наименование электроприемника	P <sub>н</sub> ,кВт	кол-во шт	P <sub>н</sub> Σ	K <sub>н</sub>	cos(φ)
	Цех1 Литейный					
1	Сушильные шкафы	15	15	225	0,5	0,85
2	Вентиляторы	12	8	96	0,65	0,8
3	Многоподшип, автоматы	30	10	300	0,25	0,65
4	Компрессоры	5	6	30	0,65	0,8
5	Однопост,дв-ли генератора	34	7	238	0,6	0,7
6	Эл.печи д/ фас. литья	40	6	240	0,75	0,87
Сумма			52	1129		
N	Наименование электроприемника	P <sub>н</sub> ,кВт.	кол-во шт	P <sub>н</sub> Σ	K <sub>н</sub>	cos(φ)
	Цех2 Инструментальный					
1	Тр-ры для ручной сварки	15	7	105	0,3	0,35
2	Дуговые сталепл. печи	18	15	270	0,75	0,9
3	Вентиляторы	10	12	120	0,65	0,8
4	Печи дуговые сталепл.	30	5	150	0,75	0,9
5	Переносной эл. инструмент	14	8	112	0,06	0,45
6	Кран-балка, 2т	5	2	10	0,06	0,45
7	Выпрямитель сварочный	18	3	54	0,25	0,65
8	Шлифовальные станки	17	12	204	0,7	0,8
Сумма			64	1025		
N	Наименование электроприемника	P <sub>н</sub> ,кВт	кол-во шт	P <sub>н</sub> Σ	K <sub>н</sub>	cos(φ)
	Цех3 Сборочный					
1	Транспортеры (винтовые)	27	2	54	0,65	0,75
2	Транспортеры(подъемные)	25	3	75	0,4	0,75
3	Дробилки крупного дробления	32	6	194	0,4	0,75
4	Фрезерные станки	20	6	120	0,12	0,4
5	Электротележки	18	4	72	0,1	0,4
6	Вентилятор	4	7	28	0,65	0,8
7	Шлифовальные станки	15	15	225	0,7	0,8
8	Тр-ры для ручной сварки	20	5	100	0,3	0,35
9	Печи дуговые сталепл.	30	6	180	0,75	0,9
Сумма			54	1048		
N	Наименование электроприемника	P <sub>н</sub> ,кВт	кол-во шт	P <sub>н</sub> Σ	K <sub>н</sub>	cos(φ)
	Цех4 Механический					
1	Молот 150 кг	22,5	3	67,5	0,06	0,45
2	Вентилятор	4	7	28	0,65	0,8

3	Многоподшипниковые авт-ты	25	8	200	0,2	0,5
4	Токарно-винторезный ст-к	14,2	6	85,2	0,25	0,65
5	Шлифовальные ст-ки	15	15	225	0,7	0,8
6	Тр-ры для ручной сварки	20	5	100	0,3	0,35
7	Кран-балка , 3. 2 т	5,0	1	5	0,06	0,45
8	Домкраты	22,5	12	270	0,06	0,45
Сумма			57	980,7		
N	Наименование электроприемника	P <sub>n</sub> ,кВт	кол-во шт	P <sub>n</sub> Σ	K <sub>и</sub>	cos(φ)
	Цех5 Литейный					
1	Долбежный станок	6	4	24	0,14	0,6
2	Станок автомат	7	2	14	0,23	0,65
3	Транспортёр	12	3	36	0,6	0,7
4	Печь сопротивления	15	4	60	0,55	0,95
5	Сушильная камера	50	2	100	0,55	0,95
6	Сварочный	20	2	40	0,3	0,35
7	Пресс	9	8	72	0,25	0,65
8	Нагреватели	10	4	40	0,35	0,55
9	Мостовой кран	15	3	45	0,06	0,45
10	Наждачный станок	4	5	20	0,14	0,6
11	Толкатель	15	2	30	0,06	0,45
12	Плавильная печь	40	2	80	0,75	0,87
13	Моечная машина	50	2	100	0,06	0,45
Сумма			43	661		

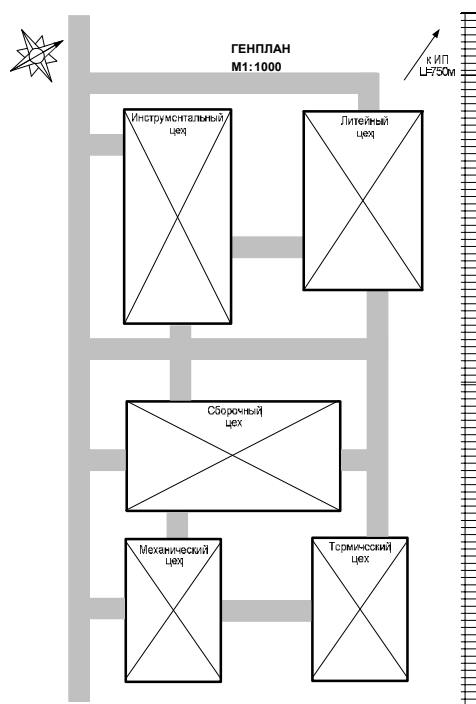


Рис.2. План расположения

## 2. Расчет электрических нагрузок

### 2.1. Силовые электрические нагрузки

Расчет электрических нагрузок по цехам выполняется по методу упорядоченных диаграмм. Главным расчетным параметром этого метода является коэффициент расчетной мощности  $K_p$ , определяемый в зависимости от эффективного числа приемников  $n_\Sigma$ , и группового коэффициента использования  $K_{\text{и}}$  для данного узла:

$$n_\Sigma = \frac{\left( \sum_{\text{и}}^n p_{\text{и}} \right)^2}{\sum_{\text{и}} p_{\text{и}}}, \quad (1)$$

$$K_{\text{и}} = \frac{\sum_{\text{и}}^n K_{\text{и}} p_{\text{и}}}{\sum_{\text{и}} p_{\text{и}}}, \quad (2)$$

где  $n$  - число электроприемников в группе.

Расчетная активная нагрузка любой линии на 2УР находится по формуле

$$P_p = K_p \sum_{\text{и}}^n K_{\text{и}} p_{\text{и}} \quad (3)$$

Расчетная реактивная мощность для электроприемников с индуктивным характером нагрузки определяется как

$$Q_p = K'_p \sum_{i=1}^n K_{ni} p_{ni} \operatorname{tg} \varphi_{ci}, \quad (4)$$

где  $K'_p$  принимается в зависимости от  $n_y$ :

$$\begin{aligned} n_y \leq 10 \quad K'_p &= 1,1 \\ n_y > 10 \quad K'_p &= 1,0 \end{aligned} \quad (5)$$

Значения  $K_p$  находятся по табл.

Таблица №4

## Расчет электрических нагрузок по цехам

Наим. эл-ка	п шт.	P <sub>н</sub> , кВт	п*P <sub>н</sub>	п*P <sub>н</sub> <sup>2</sup>	K <sub>и</sub>	cos(φ)	tg(φ)	P <sub>с</sub>	Q <sub>с</sub>	пэ	K <sub>ра</sub>	K <sub>pp</sub>	P <sub>p</sub>	Q <sub>p</sub>	Sp
<b>Цех1</b>															
Сушильные шкафы	15	15	225	3375	0,5	0,85	0,62	112,5	69,72						
Вентиляторы	8	12	96	1152	0,65	0,8	0,75	62,4	46,80						
Многоподшип, автоматы	10	30	300	9000	0,25	0,65	1,17	75	87,68						
Компрессоры	6	5	30	150	0,65	0,8	0,75	19,5	14,63						
Однопост, дв-ли генератора	7	34	238	8092	0,6	0,7	1,02	142,8	145,69						
Эл.печи д/ фас. литья	6	40	240	9600	0,75	0,87	0,57	180	102,01						
<b>итого</b>			1129,00	31369,00	0,52			592,20	466,53	40,63	0,80	1,00	473,76	466,53	664,90
<b>Цех2</b>															
Тр-ры для ручной сварки	7	15	105	1575	0,3	0,35	2,68	31,5	84,31						
Дуговые сталепл. печи	15	18	270	4860	0,75	0,9	0,48	202,5	98,08						
Вентиляторы	12	10	120	1200	0,65	0,8	0,75	78	58,50						
Печи дуговые сталепл.	5	30	150	4500	0,75	0,9	0,48	112,5	54,49						
Переносной эл. инструмент	8	14	112	1568	0,06	0,45	1,98	6,72	13,34						
Кран-балка, 2т	2	5	10	50	0,06	0,45	1,98	0,6	1,19						
Выпрямитель сварочный	3	18	54	972	0,25	0,65	1,17	13,5	15,78						
Шлифовальные станки	12	17	204	3468	0,7	0,8	0,75	142,8	107,10						
<b>итого</b>			1025,00	18193,00	0,57			588,12	432,78	57,75	0,75	1,00	441,09	432,78	617,95
<b>Цех3</b>															
Транспортеры (винтовые)	2	27	54	1458	0,65	0,75	0,88	35,1	30,96						
Транспортеры(подъемные)	3	25	75	1875	0,4	0,75	0,88	30	26,46						
Дробилки крупного дробления	6	32	192	6144	0,4	0,75	0,88	76,8	67,73						
Фрезерные станки	6	20	120	2400	0,12	0,4	2,29	14,4	32,99						

Электротележки	4	18	72	1296	0,1	0,4	2,29	7,2	16,50						
Вентилятор	7	4	28	112	0,65	0,8	0,75	18,2	13,65						
Шлифовальные станки	15	15	225	3375	0,7	0,8	0,75	157,5	118,13						
Тр-ры для ручной сварки	5	20	100	2000	0,3	0,35	2,68	30	80,29						
Печи дуговые сталепл.	6	30	180	5400	0,75	0,9	0,48	135	65,38						
<b>итого</b>			1046,00	24060,00	0,48			504,20	452,09	45,47	0,80	1,00	403,36	452,09	605,87
<b>Цех4</b>															
Молот 150 кг	3	22,5	67,5	1518,75	0,06	0,45	1,98	4,05	8,04						
Вентилятор	7	4	28	112	0,65	0,8	0,75	18,2	13,65						
Многоподшипниковые авт-ты	8	25	200	5000	0,2	0,5	1,73	40	69,28						
Токарно-винторезный ст-к	6	14,2	85,2	1209,84	0,25	0,65	1,17	21,3	24,90						
Шлифовальные ст-ки	15	15	225	3375	0,7	0,8	0,75	157,5	118,13						
Тр-ры для ручной сварки	5	20	100	2000	0,3	0,35	2,68	30	80,29						
Кран-балка , 3. 2 т	1	5	5	25	0,06	0,45	1,98	0,3	0,60						
Домкраты	12	22,5	270	6075	0,06	0,45	1,98	16,2	32,15						
<b>итого</b>			980,70	19315,59	0,29			287,55	347,03	49,79	0,75	1,00	215,66	347,03	408,59
<b>Цех5</b>															
Долбежный станок	4	6	24	144	0,14	0,6	1,33	3,36	4,48						
Станок автомат	2	7	14	98	0,23	0,65	1,17	3,22	3,76						
Транспортёр	3	12	36	432	0,6	0,7	1,02	21,6	22,04						
Печь сопротивления	4	15	60	900	0,55	0,95	0,33	33	10,85						
Сушильная камера	2	50	100	5000	0,55	0,95	0,33	55	18,08						
Сварочный	2	20	40	800	0,3	0,35	2,68	12	32,12						
Пресс	8	9	72	648	0,25	0,65	1,17	18	21,04						
Нагреватели	4	10	40	400	0,35	0,55	1,52	14	21,26						
Мостовой кран	3	15	45	675	0,06	0,45	1,98	2,7	5,36						
Наждачный станок	5	4	20	80	0,14	0,6	1,33	2,8	3,73						

Толкатель	2	15	30	450	0,06	0,45	1,98	1,8	3,57						
Плавильная печь	2	40	80	3200	0,75	0,87	0,57	60	34,00						
Моечная машина	2	50	100	5000	0,06	0,45	1,98	6	11,91						
<b>итого</b>			661,00	17827,00	0,35			233,48	192,20	24,51	0,85	1,00	198,46	192,20	276,27

## 2.2 Электрические нагрузки освещения

Расчет нагрузок производим с помощью коэффициента спроса:

Потребляемая мощность электроосвещением находится по формуле:

$$P_{\text{осв.}} = K_c \cdot P_y \quad (6)$$

где,  $K_c$  – коэффициент спроса,

$P_y$  – установленная мощность.

$$P_y = P_{\text{уд}} \cdot F \quad (7)$$

где,  $F$  – площадь цеха ( $\text{м}^2$ )

$P_{\text{уд}}$  – определяем из справ. материалов

Таблица №5

№	Наименование цеха	$K_{co}$	$P_{\text{уд}},$ Вт/ $\text{м}^2$	$F,$ $\text{м}^2$	$P_{\text{осв.}},$ кВт	$\cos \phi$	$Q_{\text{осв.}},$ кВАр
1	Инструментальный	0,95	16	3600	54,720	0,5	27,360
2	Литейный	0,95	15	4400	62,700	0,5	31,350
3	Сборочный	0,85	15	4140	52,785	0,5	26,392
4	Механический	0,95	16	2400	36,480	0,5	18,240
5	Термический	0,95	15	2400	34,200	0,5	17,100
	<b>ИТОГО</b>				<b>240,88</b>		<b>120,44</b>

## 2.3 Суммарные электрические нагрузки цехов

Таблица №6

№	Наименование цеха	$P_p,$ кВт	$Q_p,$ кВАр	$P_{\text{осв.}},$ кВт	$Q_{\text{осв.}},$ кВАр	$P_{pS},$ кВт	$Q_{pS},$ кВАр
1	Инструментальный	473,76	466,53	54,720	27,360	528,48	493,89
2	Литейный	441,09	432,78	62,700	31,350	503,79	464,13
3	Сборочный	403,36	452,09	52,785	26,392	456,145	478,482
4	Механический	215,66	347,03	36,480	18,240	252,14	365,27
5	Термический	198,46	192,20	34,200	17,100	232,66	209,3



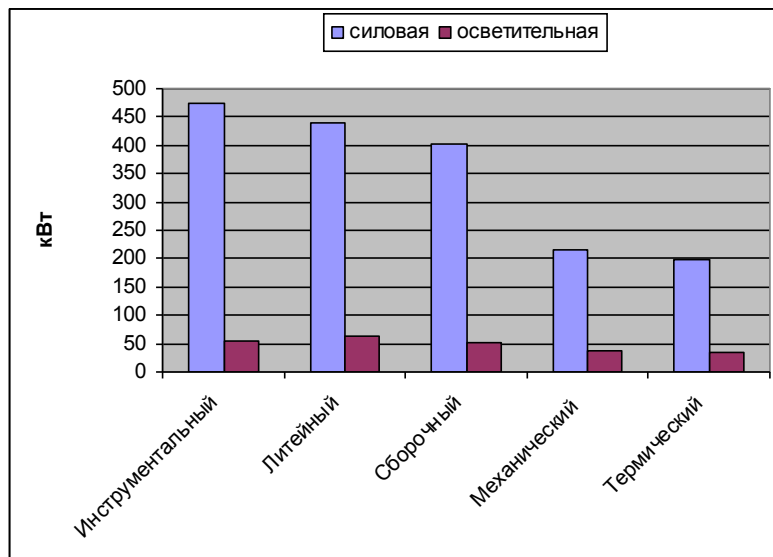


Рис.3. Расчетные силовые и осветительные нагрузки

## 2.4 Картограмма нагрузок

Картограмма электрических нагрузок представляет собой нанесение на генеральный план окружности в выбранном масштабе, соответствующие нагрузкам цехов.

$$P_{расi} = M \pi R_i^2 \quad (8)$$

$M = 15$  – выбранный масштаб;

$$R_i = \sqrt{P_{расi} / \pi M} \quad (9)$$

Нагрузка освещения представляется на картограмме в виде сектора, с углом

$$\alpha = P_{осв} * 360 / P_{р\Sigma} \quad (10)$$

$$P_{pi} = 360 P_{осв} = \alpha$$

Таблица №7

№	Наименование цеха	$P_p$ , кВт	$P_{осв}$ , кВт	$P_{р\Box}$ , кВт	$\square$ , град	$R$ , см
1	Инструментальный	473,76	54,720	528,48	37,2752	3,348835
2	Литейный	441,09	62,700	503,79	44,80438	3,269672
3	Сборочный	403,36	52,785	456,145	41,65912	3,111221
4	Механический	215,66	36,480	252,14	52,08535	2,313131
5	Термический	198,46	34,200	232,66	52,91842	2,221981

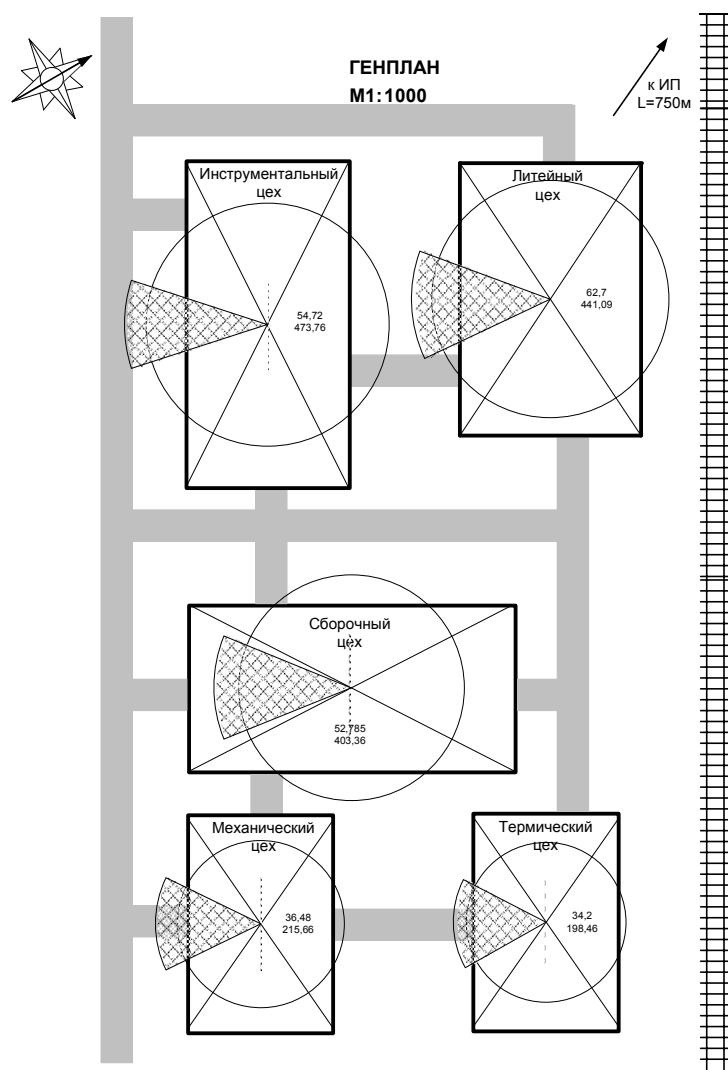


рис.4. Картограмма нагрузок

## 2.5 Выбор компенсирующих устройств

Потребная мощность компенсирующих устройств (КУ)

$$Q_{\text{кy}} = 1,1 P_{\text{т}} (\text{tg}\varphi_{\text{p}} - \text{tg}\varphi_{\text{э}}) , (3.23)$$

где 1,1 – коэффициент запаса;

$\text{tg}\varphi_{\text{э}}$  - экономическое значение коэффициента реактивной мощности,

$$\text{tg}\varphi_{\text{э}}=0,33$$

$$\text{tg}\varphi_{\text{p}} = \frac{Q_{\text{т}}}{P_{\text{т}}} \quad (3.24)$$

К установке принимается ближайшая по мощности стандартная комплектная конденсаторная установка (ККУ). При этом  $Q_{\text{кy}}$  не должна превышать, т.е.  $Q_{\text{кy}} \leq Q_{\text{т}}$ .

Тогда итоговая реактивная нагрузка на шинах ТП

$$Q'_{\text{т}} = Q_{\text{т}} - Q_{\text{кy}}$$

Таблица №8

№	Наименование цеха	$P_{\text{рц}},$ кВт	$Q_{\text{ц}},$ кВАр	$S_{\text{рц}},$ кВА	$\text{tg}\varphi$	$Q_{\text{кy}}$ кВАр	$Q_{\text{кy}}^{\text{ст}}$ кВАр	$Q_{\text{p}}^{\text{кy}}$ кВАр	$S_{\text{p}}^{\text{кy'}}$ кВАр
1	Инструментальный	528,48	493,89	723,3384	0,934548	351,4408	2*150=300	193,89	562,9249
2	Литейный	503,79	464,13	684,9971	0,921277	327,6672	2*150=300	164,13	529,8519
3	Сборочный	456,145	478,482	661,0698	1,048969	360,7496	2*150=300	178,482	489,8205
4	Механический	252,14	365,27	443,8432	1,448679	310,2702	2*150=300	65,27	260,4511
5	Термический	232,66	209,3	312,9491	0,899596	145,7744	2*75=150	59,3	240,0982

Таблица №9

## Параметры комплектных конденсаторных установок (ККУ) 0.4 кВ

№	Наименование цеха	Тип	Мощность	Количество	Суммарная мощность, кВАр
1	Инструментальный	УКН-0.38-150У3;	2*150	2	300
2	Литейный	УКН-0.38-150У3;	2*150	2	300
3	Сборочный	УКН-0.38-150У3;	2*150	2	300
4	Механический	УКН-0.38-150У3;	2*150	2	300
5	Термический	УКН-0.38-75У3	2*75	2	150

Сводная таблица мощностей

	P	Q	S
Итого	1732,33	1890,63	2564,264
Освещение	240,885	120,442	269,3174
<b>Всего</b>	<b>1973,215</b>	<b>2011,072</b>	<b>2817,444</b>
Мощность КУ	-	-1350	-
<b>Итого с учётом КУ</b>	<b>1973,215</b>	<b>661,072</b>	<b>2081,008</b>

## 2.6 Определение координат центра электрических нагрузок

Для определения центра электрических нагрузок используется механическая аналогия (находим центр тяжести плоской фигуры). На генеральном плане наносим прямоугольную декартовую систему координат, находим координаты цехов.

Таблица №10

№	ЦЕХ	P <sub>рц</sub> , кВт	X	Y	P <sub>рц</sub> X	P <sub>рц</sub> Y	X <sub>0</sub>	Y <sub>0</sub>
1	Инструментальный	528,48	50	200	26424	105696	83,38654	137,8243
2	Литейный	503,79	127	206,5	63981,33	104032,6		
3	Сборочный	456,145	72	99,5	32842,44	45386,43		
4	Механический	252,14	47,5	34,5	11976,65	8698,83		
5	Термический	232,66	126	35	29315,16	8143,1		
	<b>ИТОГО</b>	<b>1973,215</b>			<b>164539,6</b>	<b>271957</b>		

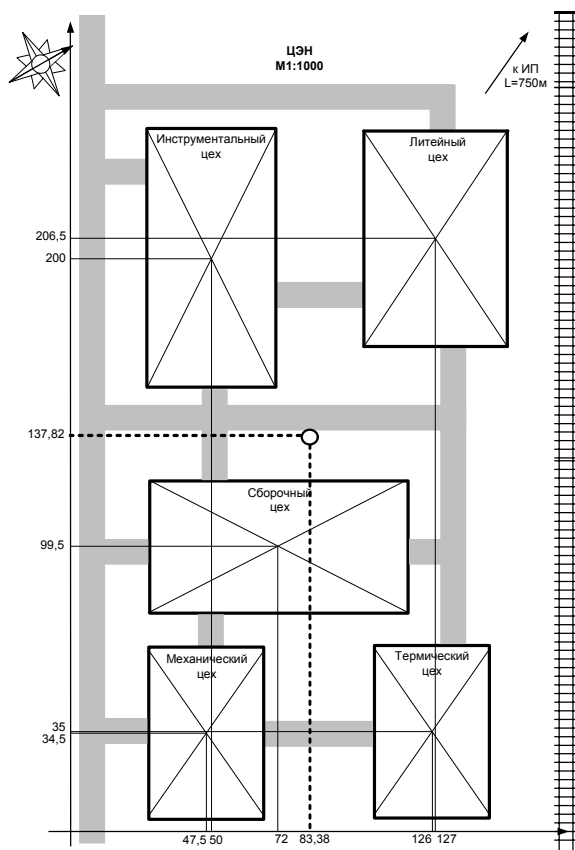


Рис.5

### 3. Выбор числа и мощности цеховых трансформаторных подстанций

#### 3.1 Выбор числа и мощности цеховых трансформаторных подстанций

Таблица №11

№	Наименование цеха	$P_p$ , кВт	$Q_p^{ку}$ , кВ·А <sub>р</sub>	$S_p^{ку}$ , кВА <sub>р</sub>	Число и мощность трансформаторов	Суммарная мощность трансформаторов, кВА	Коэффициент загрузки		
							Нормальный $k_3$	Аварийный $k_{3A}$	При отключении 30% нагрузки
1	Инструментальный	528,48	193,89	562,9249	2x400	800	0,70	1,41	0,914753
2	Литейный	503,79	164,13	529,8519	2x400	800	0,66	1,32	0,861009
3	Сборочный	456,145	178,482	489,8205	2x400	800	0,61	1,22	0,795958
4	Механический	252,14	65,27	260,4511	2x160	320	0,81	1,63	1,058083
5	Термический	232,66	59,3	240,0982	2x160	320	0,75	1,50	0,975399

Таблица №12

#### Параметры трансформаторов 10/0.4 кВ

№	Тип и мощность	Потери		Напряжение короткого замыкания, %	Ток холостого хода, %
		Холостого хода	Короткого замыкания		
1	ТМ-160	0,565	2,65	4,5	2,4
3	ТМ-400	1,05	5,5	4,5	2,1

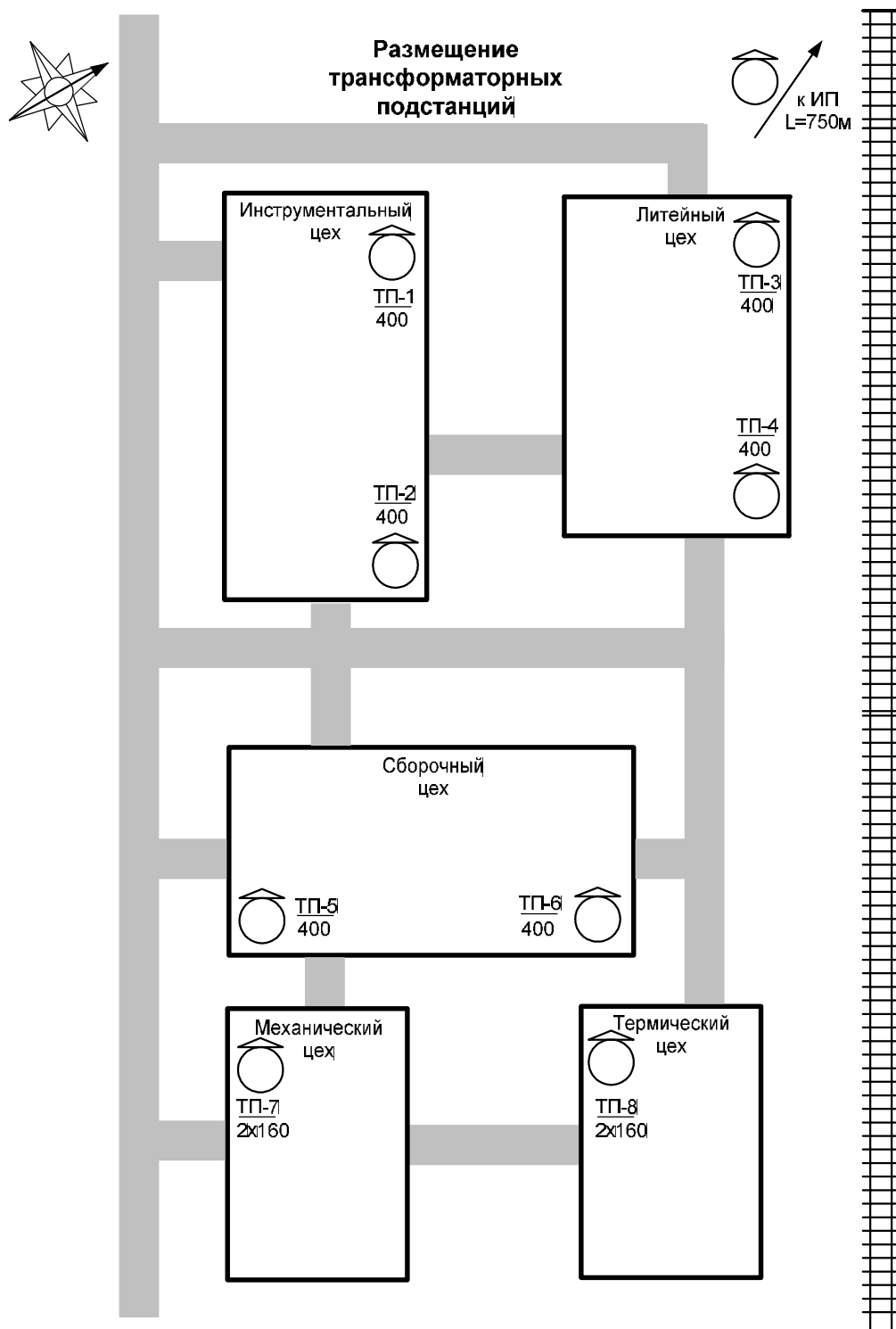


Рис. 6. Расположение цехов на плане

## 4. Разработка системы внутризаводского электроснабжения

### 4.1 Расчет потерь в трансформаторах

Расчетные формулы:

$$\Delta P_T = \Delta P_X + \Delta P_k \left( \frac{S_{PT}}{S_{HT}} \right)^2 ;$$

$$\Delta Q_T = \left[ \frac{I_X}{100} + \frac{U_k}{100} \left( \frac{S_{PT}}{S_{HT}} \right)^2 \right] S_{HT}$$

### 4.2 Потери в трансформаторах

Таблица №13

№	Наименование цеха/тип трансформатора	$P_p$ кВт	$Q_p^{ку}$ кВАр	$P_{PT}$ кВт	$Q_{PT}$ кВАр	$S_{PT}$ кВА	$\Delta P_X$ кВт	$\Delta P_k$ кВт	$U_k$ %	$I_X$ %	$\Delta P_T$ кВт	$\Delta Q_T$ кВАр
1	Инструментальный 2хТМ-400	528,48	193,89	264,24	96,945	281,46	1,05	5,50	4,50	2,10	1,73	21,26
2	Литейный 2хТМ-400	503,79	164,13	251,895	82,065	264,92	1,05	5,50	4,50	2,10	1,65	20,75
3	Сборочный 2хТМ-400	456,145	178,482	228,0725	89,241	244,91	1,05	5,50	4,50	2,10	1,56	20,17
4	Механический 2хТМ-160	252,14	65,27	126,07	32,635	130,22	0,565	2,65	4,50	2,40	1,00	10,06
5	Термический 2хТМ-160	232,66	59,3	116,33	29,65	120,05	0,565	2,65	4,50	2,40	0,94	9,71



### 4.3 Нагрузки на стороне высокого напряжения трансформаторных подстанций

Таблица № 14

№	Наименование цеха/тип трансформатора	Тип тр-ра	$P_{PT}$ кВт	$Q_{PT}$ кВАр	$\Delta P_T$ кВт	$\Delta Q_T$ кВАр	$P_P^{BH}$ кВт	$Q_P^{BH}$ кВАр	$S_P^{BH}$ кВА	$I_P^{BH}$ А
1	Инструментальный	ГМ-400	264,24	96,945	1,73	21,26	265,97	118,21	291,05	5,04
2	Литейный	ГМ-400	251,895	82,065	1,65	20,75	253,55	102,82	273,60	4,73
3	Сборочный	ГМ-400	228,0725	89,241	1,56	20,17	229,63	109,41	254,37	4,40
4	Механический	ГМ-160	126,07	32,635	1,00	10,06	127,07	42,70	134,05	2,32
5	Термический	ГМ-160	116,33	29,65	0,94	9,71	117,27	39,36	123,70	2,14

### 4.4 Выбор места положения ГПП или ГРП

Для определения места расположения ГПП необходимо располагать генеральным планом железнодорожного узла. На генеральном плане должны быть в масштабе указаны все существующие, реконструируемые и проектируемые предприятия железнодорожного производства, а также прилегающие к железной дороге промышленные и сельскохозяйственные предприятия и т.д.

Исходя из технико-экономических соображений ГПП желательно располагать в центре электрических нагрузок (ЦЭН). Для определения ЦЭН может быть использован приближенный метод определения центра тяжести масс однородных плоских фигур.

Так как ЦЭН находится в близости от железнодорожных путей, а также то обстоятельство, что для размещения ГПП необходимо: достаточно большая площадь, свободная от застройки и подземных коммуникаций, прокладка кратчайших трасс питающих линий, заставляет нас располагать ГПП, несколько отступив от ЦЭН.

Варианты схем внутризаводского электроснабжения

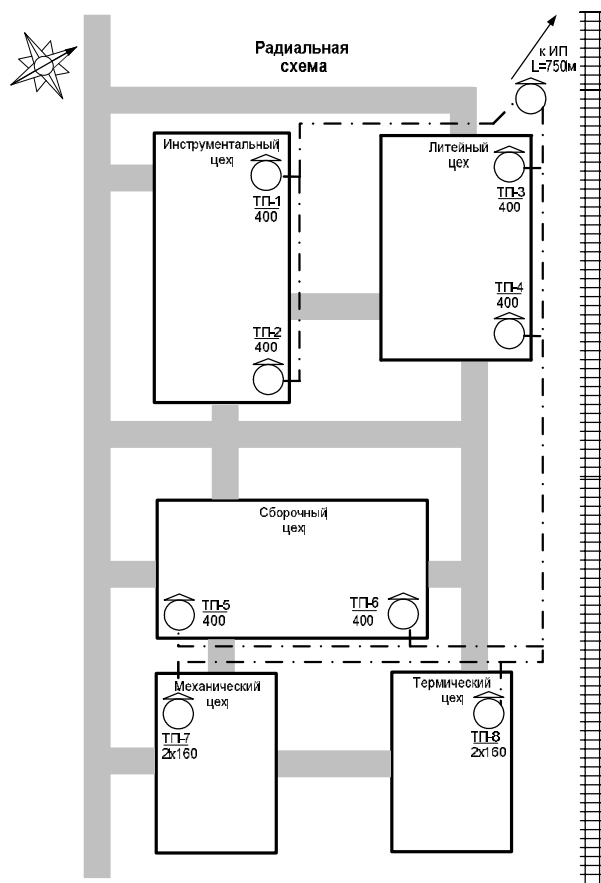


Рис. 7. Кабельные трассы

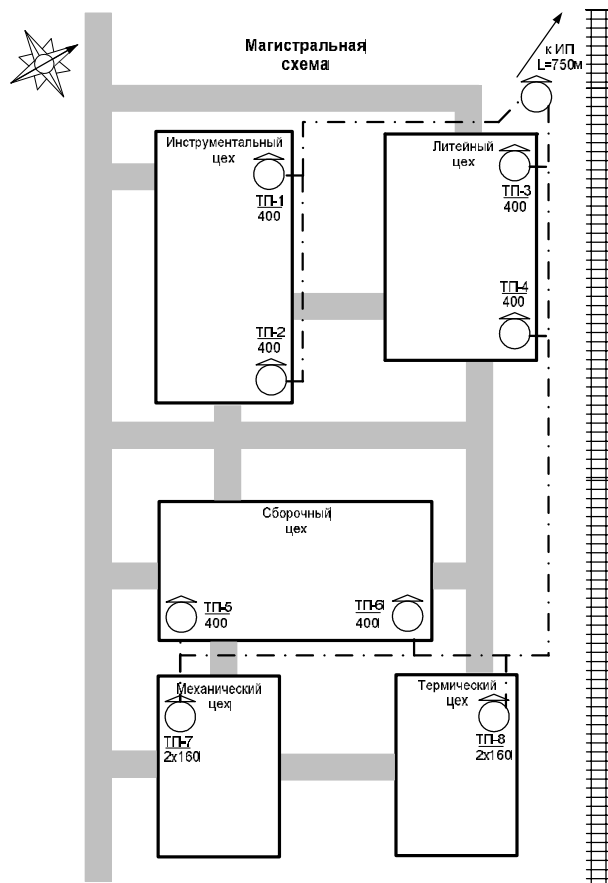


Рис.8 Кабельные трассы

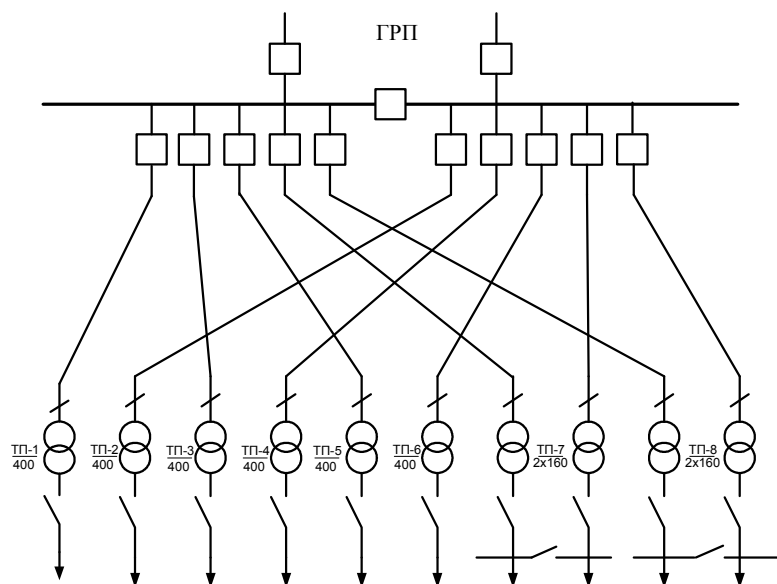


Рис.9. Вариант 1. Радиальная схема

#### 4.5 Длины кабельных линий

Таблица № 15.

Вариант 1

№	Наименование линии	Количество линий	Длина, м	Суммарная длина, м
1	ГРП-ТП1	1	84	84
2	ГРП-ТП2	1	152	152
3	ГРП-ТП3	1	22	22
4	ГРП-ТП4	1	77	77
5	ГРП-ТП5	1	223	223
6	ГРП-ТП6	1	191	191
7	ГРП-ТП7	2	225	450
8	ГРП-ТП8	2	190	380
	ИТОГО	10		1579

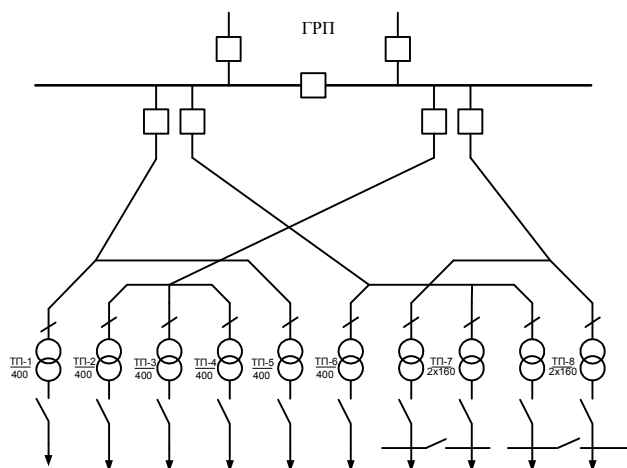


Рис.10. Вариант 2. Магистральная схема

Таблица № 16.

Вариант 2. Длины кабельных линий

№	Наименование линии	Количество линий	Длина, м	Суммарная длина, м
1	ГРП-ТП1	1	84	84
2	ТП1-ТП2	1	70	70
3	ГРП-ТП3	1	22	22
4	ТП3-ТП4	1	56	56
5	ТП4-ТП8	1	112	112
6	ТП8-ТП6	1	35	35
7	ТП6-ТП5	1	75	75
8	ТП5-ТП7	1	10	10
	ИТОГО	8		464

#### 4.6 Количество ячеек отходящих линий ГРП

Вариант 1 ..... 10

Вариант 2 ..... 4

**Значения коэффициентов одновременности  $K_o$  для определения расчетной нагрузки на шинах 6 (10) кВ РП, ГРП, ГПП**

Таблица № 17

Средневзвешенный коэффициент использования	Число присоединений 6 (10) кВ на сборных шинах РП, ГПП.			
	2 ... 4	5 ... 8	9 ... 25	Более 25
$K_{\text{и}} < 0,3$	0,90	0,80	0,75	0,70
$0,3 \leq K_{\text{и}} < 0,5$	0,95	0,90	0,85	0,80
$0,5 \leq K_{\text{и}} \leq 0,8$	1,00	0,95	0,90	0,85
$K_{\text{и}} > 0,8$	1,00	1,0	0,95	0,90

#### 4.7 Расчет электрических нагрузок на головных участках магистралей

Таблица № 18

По данным технологов				$P_{\text{р}}^{\text{ВН}}$ кВт	$Q_{\text{р}}^{\text{ВН}}$ кВАр	$K_{\text{е}}$ —— $K_{\text{о}}$	Расчетные мощности			$I_{\text{р}}$ , А
№	Наименование эл/приемника	Кол- во тр- ров, п	Суммарная ном. мощность, $P_{\text{н}}$ , кВт				$P_{\text{р}}$ , кВт	$Q_{\text{р}}$ , кВт	$S_{\text{р}}$ , кВА	
магистраль ТП1-ГРП										
1	ТП1	1	564,5	265,97	118,21					
	ИТОГО	1	564,5	265,97	118,21	$\frac{0.38}{0.90}$	239,373	106,39	261,95	15,12
магистраль ТП3-ГРП										
1	ТП3	1	512,5	253,55	102,82					
2	ТП5	1	524	229,63	109,41					
3	ТП7	1	490	127,07	42,70					
4	ТП8	1	330,5	117,27	39,36					
	ИТОГО	4	1857	727,52	294,29	$\frac{0.39}{0.95}$	283,733	114,77	306,07	17,671

Примечание:

$$1. P_{\text{р}} = K_0 P_{\text{р}}^{\text{ВН}}; Q_{\text{р}} = K_0 Q_{\text{р}}^{\text{ВН}}.$$

#### 4.8 Выбор сечений кабелей по нагреву

Выбор сечения проводов и кабелей по нагреву проводят по расчетному току, который должен быть меньше допустимого тока или равен ему:

$$I_{\text{доп}} \geq I_p,$$

Если электроснабжение потребителей производилось по параллельным линиям, то в качестве расчетного принимается ток в одной из параллельных линий в предположении, что вторая линия вышла из строя.

Чтобы определить расчетные токи линий, подходящих к каждому цеху, необходимо учесть потери мощности в трансформаторах и определить полную мощность линии.

Потери мощности в трансформаторе можно определить:

-активные потери:

$$\Delta P_T = \Delta P_{xx} + \Delta P_{k3} * (S_{p\Sigma} / S_{nom})^2$$

-реактивные потери:

$$\Delta Q_T = \Delta Q_{xx} + \Delta Q_{k3} * (S_{p\Sigma} / S_{nom})^2$$

$$\Delta Q_{k3} = U_{k3} * S_{nom} / 100,$$

Активные потери цеха с учетом потерь в трансформаторе:

$$P = P_p + \Delta P_T$$

Реактивные потери цеха с учетом потерь в трансформаторе:

$$Q = Q_p + Q_{P_T}$$

Полная мощность равна:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

Расчетный ток:

$$I_p = S / \sqrt{3} * U_{nom}$$

Если у нас двух трансформаторная цеховая подстанция, то суммарную полную мощность берем в два раза меньше.

Определение суммарной расчетной нагрузки узла системы электроснабжения по значениям и расчетных нагрузок осуществляется суммированием расчетных нагрузок отдельных групп электроприемников, входящих в узел с учетом разновременности (несовпадения) максимумов нагрузок.

$$S = K_{nm} * \sum S_{pi},$$

где  $K_{nm}$  - коэффициент несовпадения максимумов нагрузки,

$S_{pi}$  – расчетная нагрузка  $i$ -го электроприемника или группы электроприемников.

$K_{nm}$  - равен отношению максимальной получасовой нагрузки к сумме максимальных получасовых нагрузок отдельных электроприемников или цехов.

Коррозионная способность земли низкая. Выбирается кабель марки ААБ.

Таблица № 19.

## Радиальная схема

№	Наименование линии	Кол-во линий	Длина, м	$I_p$ , норм. режим, А	$I_p$ , авар. режим, А	Сечение, мм <sup>2</sup>	$I_{доп}$ , А
1	ГРП-ТП1	1	84	5,04	10,08	16	75
2	ГРП-ТП2	1	151	5,04	10,08	16	75
3	ГРП-ТП3	1	260	4,73	9,46	16	75
4	ГРП-ТП4	1	80	4,73	9,46	16	75
5	ГРП-ТП5	1	313	4,4	8,8	16	75
6	ГРП-ТП6	1	239	4,4	8,8	16	75
7	ГРП-ТП7	2	343	2,32	4,64	16	75
8	ГРП-ТП8	2	237	2,14	4,28	16	75

Таблица № 20.

## Магистральная схема

№	Наименование линии	Кол-во линий	Длина, м	$I_p$ , норм. режим, А	$I_p$ , авар. режим, А	Сечение, мм <sup>2</sup>	$I_{доп}$ , А
1	ГРП-ТП1	1	81	15,12	30,24	16	75
2	ТП1-ТП2	1	76	5,04	10,08	16	75
3	ГРП-ТП3	1	27	17,67	35,34	16	75
4	ТП3-ТП4	1	61	4,73	9,46	16	75
5	ТП4-ТП8	1	138	2,14	4,28	16	75
6	ТП8-ТП6	1	40	4,4	8,8	16	75
7	ТП6-ТП5	1	88	4,4	8,8	16	75
8	ТП5-ТП7	1	16	2,32	4,64	16	75

**4.9 Выбор сечений по экономической плотности тока**

$$T_M = 4500 \text{ ч}$$



Таблица № 21.

## Радиальная схема

№	Наименование линии	Кол-во линий	$I_p, A$	$j, \frac{A}{mm^2}$	$F, mm^2$	Принятое сечение, $mm^2$
1	ГРП-ТП1	1	5,04	1.4	3,60	16
2	ГРП-ТП2	1	5,04	1.4	3,60	16
3	ГРП-ТП3	1	4,73	1.4	3,38	16
4	ГРП-ТП4	1	4,73	1.4	3,38	16
5	ГРП-ТП5	1	4,4	1.4	3,14	16
6	ГРП-ТП6	1	4,4	1.4	3,14	16
7	ГРП-ТП7	2	2,32	1.4	1,66	16
8	ГРП-ТП8	2	2,14	1.4	1,53	16

Таблица № 22.

## Магистральная схема

№	Наименование линии	Кол-во линий	$I_p, A$	$j, \frac{A}{mm^2}$	$F, mm^2$	Принятое сечение, $mm^2$
1	ГРП-ТП1	1	15,12	1.4	10,80	16
2	ТП1-ТП2	1	5,04	1.4	3,60	16
3	ГРП-ТП3	1	17,67	1.4	12,62	16
4	ТП3-ТП4	1	4,73	1.4	3,38	16
5	ТП4-ТП8	1	2,14	1.4	1,53	16
6	ТП8-ТП6	1	4,4	1.4	3,14	16
7	ТП6-ТП5	1	4,4	1.4	3,14	16
8	ТП5-ТП7	1	2,32	1.4	1,66	16

## 5. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ СРАВНЕНИЕ ВАРИАНТОВ

### 5.1 Определение капитальных затрат

#### Кабельные линии

Таблица № 23.

Радиальная схема

№	Наим. линии	Кол-во линий	Длина, м	Сумм. длина, м	Сечение, мм <sup>2</sup>	Уд. стоим. в ценах 1980, тыс.руб км	Уд. стоим. в ценах 2007, тыс.руб км	Стоим. линий, тыс. рублей
1	ГРП-ТП1	1	84	84	16	1.76	70,4	5,91
2	ГРП-ТП2	1	151	151	16	1.76	70,4	10,63
3	ГРП-ТП3	1	260	260	16	1.76	70,4	18,30
4	ГРП-ТП4	1	80	80	16	1.76	70,4	5,63
5	ГРП-ТП5	1	313	313	16	1.76	70,4	22,04
6	ГРП-ТП6	1	239	239	16	1.76	70,4	16,83
7	ГРП-ТП7	2	343	686	16	1.76	70,4	48,29
8	ГРП-ТП8	2	237	474	16	1.76	70,4	33,37
	<b>ИТОГО</b>	<b>10</b>		<b>2287</b>				<b>161,00</b>

Таблица № 24.

## Магистральная схема

№	Наим. линии	Кол-во линий	Длина, м	Сумм. длина, м	Сечение, мм <sup>2</sup>	Уд. стоим. в ценах 1980, <u>тыс.руб</u> км	Уд. стоим. в ценах 2007, <u>тыс.руб</u> км	Стоим. линий, тыс. рублей
1	ГРП-ТП1	1	81	162	16	1.76	70,4	11,4048
2	ТП1-ТП2	1	76	152	16	1.76	70,4	10,7008
3	ГРП-ТП3	1	27	54	16	1.76	70,4	3,8016
4	ТП3-ТП4	1	61	122	16	1.76	70,4	8,5888
5	ТП4-ТП8	1	138	276	16	1.76	70,4	19,4304
6	ТП8-ТП6	1	40	80	16	1.76	70,4	5,632
7	ТП6-ТП5	1	88	176	16	1.76	70,4	12,3904
8	ТП5-ТП7	1	16	32	16	1.6	70,4	2,2528
	<b>ИТОГО</b>	<b>8</b>		<b>1054</b>				<b>74,20</b>

## Прокладка кабельных линий в траншеях

Таблица № 25.

## Радиальная схема

№	Количество кабелей в одной траншее	Длина, м	Удельная стоимость в ценах 1980, <u>тыс.руб</u> км	Удельная стоимость в ценах 2007, <u>тыс.руб</u> км	Стоимость, тыс. рублей
1	6	26	3,62	144,8	3,7648
2	5	61	3,29	131,6	8,0276
3	4	138	2,86	114,4	15,7872
4	3	40	2,31	92,4	3,696
5	2	172	1,78	71,2	12,2464
6	1	76	1,27	50,8	3,8608
	<b>ИТОГО</b>				<b>47,3828</b>

Таблица № 26.

## Магистральная схема

№	Количество кабелей в одной траншее	Длина, м	Удельная стоимость в ценах 1980, <u>тыс.руб</u> км	Удельная стоимость в ценах 2007, <u>тыс.руб</u> км	Стоимость, тыс. рублей
1	2	397	1.78	71,2	28,2664
2	1	112	1.27	50,8	5,6896
	<b>ИТОГО</b>				<b>33,956</b>

Таблица № 27.

## Стоимость ячеек отходящих линий ГРП

№	схема	Количество ячеек ГРП	Стоимость ячейки в ценах 1980 г., тыс. рублей	Стоимость ячейки в ценах 2007 г., тыс. рублей	Стоимость, тыс. рублей
1	Радиальная схема	10	2.1	84	840
2	Магистральная схема	4	2.1	84	336

Таблица № 28.

## Суммарные капитальные затраты

№	схема	Кабельные линии	Строительная часть	Ячейки ГРП	Итого
1	Радиальная схема	161	47,38	840	1048,38
2	Магистральная схема	74,2	33,96	336	444,16

## 5.2 Определение издержек на эксплуатацию

## Отчисления на амортизацию и обслуживание

Таблица № 29.

## Радиальная схема

№	Вид оборудования	Норма отчислений, %	Капитальные затраты, тыс. рублей	Издержки, тыс. рублей
1	Кабели	6,3	161	10,14
2	Строительная	6,3	47,38	2,98

	часть			
3	Ячейки ГРП	1,04	840	8,74
	<b>ИТОГО</b>		<b>1048,38</b>	<b>21,86</b>

Таблица №30.

#### Магистральная схема

№	Вид оборудования	Норма отчислений, %	Капитальные затраты, тыс. рублей	Издержки, тыс. рублей
1	Кабели	6.3	74,2	4,67
2	Строительная часть	6.3	33,96	2,14
3	Ячейки ГРП	1.04	336	3,49
	<b>ИТОГО</b>		<b>444,16</b>	<b>10,31</b>

### Стоимость потерь электроэнергии

#### Параметры кабельных линий

Таблица № 31.

#### Радиальная схема

№	Наименование линии	Количество линий	Длина, м	Сечение, мм <sup>2</sup>	$j_{\Sigma}, \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	R, Ом
1	ГРП-ТП1	1	84	16	1,94	0,16
2	ГРП-ТП2	1	151	16	1,94	0,29
3	ГРП-ТП3	1	260	16	1,94	0,50
4	ГРП-ТП4	1	80	16	1,94	0,16
5	ГРП-ТП5	1	313	16	1,94	0,61
6	ГРП-ТП6	1	239	16	1,94	0,46
7	ГРП-ТП7	2	343	16	1,94	0,67
8	ГРП-ТП8	2	237	16	1,94	0,46

Таблица № 32.

#### Магистральная схема

№	Наименование линии	Количество линий	Длина, м	Сечение, мм <sup>2</sup>	$j_{\Sigma}, \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	R, Ом
1	ГРП-ТП1	1	81	16	1,94	0,16
2	ТП1-ТП2	1	76	16	1,94	0,15

3	ГРП-ТП3	1	27	16	1,94	0,05
4	ТП3-ТП4	1	61	16	1,94	0,12
5	ТП4-ТП8	1	138	16	1,94	0,27
6	ТП8-ТП6	1	40	16	1,94	0,08
7	ТП6-ТП5	1	88	16	1,94	0,17
8	ТП5-ТП7	1	16	16	1,94	0,03

## Потери мощности

Таблица № 33.

### Радиальная схема

№	Наименование линии	Количество линий	R, Ом	I <sub>р</sub> , А	Потери в одной КЛ, кВт	Суммарные потери, кВт
1	ГРП-ТП1	1	0,16	5,04	0,004064	0,004064
2	ГРП-ТП2	1	0,29	5,04	0,007366	0,007366
3	ГРП-ТП3	1	0,50	4,73	0,011186	0,011186
4	ГРП-ТП4	1	0,16	4,73	0,00358	0,00358
5	ГРП-ТП5	1	0,61	4,4	0,01181	0,01181
6	ГРП-ТП6	1	0,46	4,4	0,008906	0,008906
7	ГРП-ТП7	2	0,67	2,32	0,003606	0,007212
8	ГРП-ТП8	2	0,46	2,14	0,002107	0,004213
	<b>ИТОГО</b>					<b>0,058337</b>

Таблица № 34.

### Магистральная схема

№	Наименование линии	Количество линий	R, Ом	I <sub>р</sub> , А	Потери в одной КЛ, кВт	Суммарные потери, кВт
1	ГРП-ТП1	1	0,16	15,12	0,036578	0,036578
2	ТП1-ТП2	1	0,15	5,04	0,00381	0,00381
3	ГРП-ТП3	1	0,05	17,67	0,015611	0,015611
4	ТП3-ТП4	1	0,12	4,73	0,002685	0,002685
5	ТП4-ТП8	1	0,27	2,14	0,001236	0,001236
6	ТП8-ТП6	1	0,08	4,4	0,001549	0,001549
7	ТП6-ТП5	1	0,17	4,4	0,003291	0,006582
8	ТП5-ТП7	1	0,03	2,32	0,000161	0,000323
	<b>ИТОГО</b>					<b>0,068374</b>

### Время максимальных потерь

$$\tau = \left( 0.124 + \frac{T_M}{10^4} \right)^2 \cdot 8760 = 2886.21 \text{ ч}$$

Таблица № 35.

#### Годовые потери электроэнергии

№	схема	$\tau$ , ч	$\Delta P$ , кВт	$\Delta W$ , кВт·ч	$C_{\Sigma}$ , $\frac{\text{руб}}{\text{кВт} \cdot \text{ч}}$	$Z_{\Sigma}$ , тыс. руб
1	Радиальная схема	2886.2	0,058	167,3996	0.32	0,054
2	Магистральная схема	2886.2	0,068	196,2616	0.32	0,063

Таблица № 36.

#### Суммарные издержки

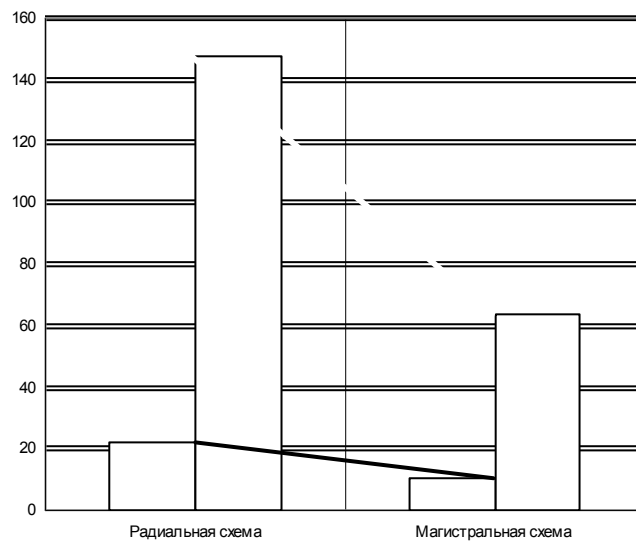
№	схема	Амортизация и обслуживание, тыс. руб	Стоимость потерь электроэнергии, тыс. руб	Суммарные издержки, тыс. руб
1	Радиальная схема	21,86	0,054	21,91
2	Магистральная схема	10,31	0,063	10,37

### Расчетные затраты

$$E_H = 0.12$$

Таблица № 37

№	схема	Капитальные вложения, тыс.руб	Суммарные издержки, тыс. руб	Расчетные затраты
1	Радиальная схема	1048,38	21,91	147,72
2	Магистральная схема	444,16	10,37	63,67



**К исполнению принимается магистральный вариант.**



## 6. Уточненный расчет выбранного варианта

### 6.1 Проверка выбранных сечений по потере напряжений

#### 6.1.1 Сопротивления кабельных линий

Таблица № 38

№	Наименование линии	Длина, м	Сечение, мм <sup>2</sup>	$R_{0\text{м}}$ к м	$R_{\text{Ом}}$	$X_{0\text{м}}$ к м	$X_{\text{Ом}}$
1	ГРП-ТП1	81	16	1,94	0,15714	0,113	0,009153
2	ТП1-ТП2	76	16	1,94	0,14744	0,113	0,008588
3	ГРП-ТП3	27	16	1,94	0,05238	0,113	0,003051
4	ТП3-ТП4	61	16	1,94	0,11834	0,113	0,006893
5	ТП4-ТП8	138	16	1,94	0,26772	0,113	0,015594
6	ТП8-ТП6	40	16	1,94	0,0776	0,113	0,00452
7	ТП6-ТП5	88	16	1,94	0,17072	0,113	0,009944
8	ТП5-ТП7	16	16	1,94	0,03104	0,113	0,001808

#### 6.1.2 Определение потери напряжения

Таблица № 39

№ участка	Наименование	Длина, м	$R_0$ , ом/км	$X_0$ , ом/км	$R$ , ом	$x$ , ом	$P_p$ , кВт	$Q_p$ , кВАр	$\Delta U, V$ норм.реж	$\Delta U, V$ авар. режим	$\Delta U$ , %
1	ГРП-ТП1	81	1,94	0,113	0,15714	0,00915	265,97	118,21	3,52		
2	ТП1-ТП2	76	1,94	0,113	0,14744	0,00859	239,373	106,39	2,97		
									6,49	12,98	0,13
3	ГРП-ТП3	27	1,94	0,113	0,05238	0,00305	283,733	114,77	1,24		
4	ТП3-ТП4	61	1,94	0,113	0,11834	0,00689	253,55	102,82	2,51		
									3,75	7,5	0,07
5	ТП4-ТП8	138	1,94	0,113	0,26772	0,01559	253,55	102,82	5,71		
6	ТП8-ТП6	40	1,94	0,113	0,0776	0,00452	229,63	109,41	1,45		
									7,15	14,3	0,14
7	ТП6-ТП5	88	1,94	0,113	0,17072	0,00994	229,63	109,41	3,18		
8	ТП5-ТП7	16	1,94	0,113	0,03104	0,00181	127,07	42,70	0,32		
									3,5	7	0,07

Выбранные сечения проходят по потере напряжения, так как  $\Delta U < 5\%$

## 6.2 Разработка системы внешнего электроснабжения

### 6.2.1 Определение расчетных электрических нагрузок предприятия

Таблица № 40

По данным технологов				$P_p^{ВН}$ кВт	$Q_p^{ВН}$ кВАр	Ки/Ко	Расчетные мощности				
№	Наименование эл./приемника	Кол-во гр-ов	Суммарн. ном. мощн. $P_n$ , кВт				$P_p$ кВт	$Q_p$ кВАр	$S_p$ кВА	$I_p$ А	$I_{авр}$ А
1	ТП1	1	564,5	265,97	118,21						
2	ТП3	1	512,5	253,55	102,82						
3	ТП5	1	524	229,63	109,41						
4	ТП7	1	490	127,07	42,70						
5	ТП8	1	330,5	117,27	39,36						
<b>ИТОГО</b>		<b>5</b>	<b>2421,5</b>	<b>993,49</b>	<b>412,5</b>	<b><math>\frac{0.39}{0.95}</math></b>	<b>943,82</b>	<b>391,88</b>	<b>1021,94</b>	<b>571</b>	<b>114</b>

Расчетный ток в нормальном режиме равен 57А, в аварийном режиме 114А.

Выбираем кабель ААБ-3х50, допустимый ток 115 А. По экономической плотности тока сечение 50 мм<sup>2</sup>, принимается также ААБ-3х50.

### 6.2.2 Проверка по потере напряжения

Таблица № 41

Длина, м	$R_0, \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	$X_0, \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	$R, \text{Ом}$	$X, \text{Ом}$	$I_p, \text{А, норм. режим}$	$I_p, \text{А, авар. режим}$	$P_p, \text{кВт}$	$Q_p, \text{кВт}$	$\Delta U, \text{норм. режим}$	$\Delta U, \text{авар. режим}$	$\Delta U, \%$
750	0,89	0,095	0,6675	0,0715	57	114	943,82	391,88	53,136	106,27	1,06

## 6.3 Расчет токов короткого замыкания

Расчет сопротивлений трансформаторов

$$R_T = \Delta P U_H^2 \cdot 10^3 / S_{HT}^2$$

$$Z_T = U_k \% U_H^2 \cdot 10 / S_{HT}$$

$$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2}$$

Таблица № 42.

Сопротивления трансформаторов

№	Тип и мощность	потери		Напряжен. короткого замыкания %	Ток холостого хода %	R <sub>T</sub> ,OM	Z <sub>T</sub> ,OM	X <sub>T</sub> ,OM
		Холос- ого хода	Короткого замыкания					
1	ТМ-160	0,565	2,65	4,5	2,4	10,35	28,13	26,15
2	ТМ-400	1,05	5,5	4,5	2,1	3,44	11,25	10,71

## 6.4 Составление схемы замещения

Внешнее сопротивление

$$X_c = 0,35$$

$$R_{BH} = R_{KL} = 0,6675 \text{ Ом}$$

$$X_{BH} = X_c + X_{KL} = 0,35 + 0,071 = 0,421 \text{ Ом}$$

Для расчета токов к.з. составляем схему замещения. Расчет производим в каждой точке к.з. отмеченной на схеме замещения. Для расчетов используем программу Tkz

Таблица № 43.

## Сопротивления нулевой последовательности трансформаторов

№	Тип и мощность	Прямая последовательность		Нулевая последовательность	
		$R_T$ , Ом	$X_T$ , Ом	$R_T$ , Ом	$X_T$ , Ом
1	ТМ-160	10,35	26,15	113,85	209,2
3	ТМ-400	3,44	10,71	37,84	85,68

## Файлы исходных данных

## Структура файлов

NI	NJ	R1	X1	R0	X0	КТ	U	фаза U
----	----	----	----	----	----	----	---	--------

N1,N2 – номера узлов, ограничивающих ветвь;

R1, X1 – сопротивления прямой последовательности;

R0, X0 - сопротивления нулевой последовательности;

КТ- коэффициент трансформации;

U – напряжение (ЭДС);

фаза U – фазовый угол напряжения (ЭДС).

Таблица № 44.

## Результаты расчета токов КЗ

№	Схема	Точка КЗ	$I_k''$ , кА	R Ом	X Ом	$T_a$ , с	$k_y$	$i_y$ , А	$B_k$ , кА <sup>2</sup> ·с
1	sh1.tkz	K1	2,34	2,53	0,55	0,000692	1	3,31	0,72
2		K2	2,17	2,74	0,56	0,000651	1	3,07	0,62
3		K3	11,89	0,0096	0,18	0,059713	1,846	31,04	26,82
4		K4	5,95	0,0209	0,0427	0,006507	1,215	10,22	4,83
5	sh2.tkz	K1	2,28	2,59	0,61	0,00075	1	3,22	0,68
6		K2	2,15	2,75	0,62	0,000718	1	3,04	0,60
7		K3	11,82	0,0096	0,0181	0,006005	1,189	19,88	19,00
8		K4	5,09	0,021	0,0428	0,006491	1,214	8,74	3,54
9	sh3.tkz	K1	2,34	2,53	0,55	0,000692	1	3,31	0,72

10		K2	2,16	2,75	0,56	0,000649	1	3,05	0,61
11		K3	5,11	0,0206	0,0427	0,006601	1,22	8,82	3,57
12		K4	11,79	0,0099	0,018	0,00579	1,178	19,64	18,88
13	sh4.tkz	K1	2,34	2,53	0,55	0,0007	1	3,3093	0,7156
14		K2	2,11	2,81	0,57	0,0006	1	2,984	0,582
15		K3	5,11	0,0206	0,0427	0,0066	1,22	8,815	3,567
16		K4	11,75	0,01	0,018	0,0057	1,17	19,52	18,74

Для проверки оборудования рассчитаем ударный ток короткого замыкания :

$$i_y = k_y \sqrt{2} I_k$$

где  $k_y$  – ударный коэффициент,  $k_y = 1 + e^{-0,01/T_a}$

$$T_a = X / (R \omega),$$

где  $\omega = 314$

Тепловой импульс ( $kA^2 c$ ):

$$W_k = I_k^2 (t_{отк} + T_a)$$

где  $t_{отк}$  – время отключения:

$$t_{отк} = t_v + t_{рз}$$

где  $t_v = 0,12$  – время отключения выключателя;

$t_{рз} = 0,01$  с – время срабатывания защиты;

$T_a$  – время затухания аperiodической составляющей .

## 7. Выбор оборудования

Для обеспечения надежной работы аппаратуры и токоведущих частей электроустановки, необходимо правильно выбрать их по условиям длительной работы в нормальном режиме и кратковременной работы в режиме КЗ.

Выбор аппаратуры и токоведущих частей выполняется по номинальному току и напряжению:

$$U_{уст} \leq U_{ном}$$

$$I_{раб} \leq I_{ном}$$

Где  $U_{уст}$  - номинальное напряжение установки;

$U_{ном}$  - номинальное напряжение аппарата;

$I_{раб}$  - рабочий ток присоединения, где установлен аппарат;

$I_{ном}$  - номинальный ток аппарата;

Выбранные по условиям нормального режима работы аппараты необходимо проверить по условиям КЗ, т.е. на электродинамическую и термическую устойчивость.

### 7.1 Выключатели

Выключатели выбираются по следующим условиям:

1. по напряжению установки:  $U_{ном} \geq U_{уст}$ ;
2. по номинальному току:  $I_{ном} \geq I_{раб}$ ;
3. по конструктивному исполнению;

Выбранные выключатели проверяются:

1. на электродинамическую стойкость:  $i_y \leq i_{пр}$ ;

где  $i_y$  - ударный ток КЗ в цепи выключателя;

$i_{пр}$  - амплитудное значение предельного сквозного тока КЗ ;

2. на термическую стойкость:  $W_k \leq I^2_{т*} t_t$ ;

где  $W_k$  - тепловой импульс в цепи выключателя;

$I_{т*}$  - ток термической стойкости;

$t_t$ - время протекания тока термической стойкости ;

выбираем:

- выключатель на вводах и фидерах ГРП – 10 кВ:

ВМПЭ – 10 – 630 – 20 УЗ

Время отключения –  $t_v = 0,12$  с.

Время протекания тока термической стойкости  $t_t = 8$  с.

Ток термической стойкости  $I_t = 20$  кА.

Условия проверки:

$I_{откл} \geq I_k$ , или  $20 \text{ кА} > 2,34 \text{ кА}$

$i_{доп} \geq i_y$ , или  $52 \text{ кА} > 3,31 \text{ кА}$

$В_k = 0,72 \text{ кА}^2 \text{ с}$

$I_t^2 * t_t \geq В_k$ , или  $20^2 * 8 = 3200 > 0,72 \text{ кА}^2 \text{ с}$

## 7.2 Предохранители

Предохранители на напряжение свыше 1000 В используют для защиты трансформаторов напряжения в РУ-10 кВ. При этом применяют предохранители типа ПKN, ПК и ПКТ (трубчатые с кварцевым наполнителем).

Выбираем предохранитель для защиты ТН: ПKN 001-10УЗ.

Для защиты понижающих трансформаторов: ПКТ 101-10-31,5 УЗ.

Условия проверки:

$I_{откл} \geq I_k$ , или  $31,5 \text{ кА} > 2,34 \text{ кА}$

$i_{доп} \geq i_y$ , или  $31,5 \text{ кА} > 3,3 \text{ кА}$

## 7.3 Разъединитель

Разъединители выбираются по условиям:

1. по напряжению установки:  $U_{ном} \geq U_{уст}$ ;
2. по номинальному току:  $I_{ном} \geq I_{раб}$ ;
3. по виду установки;

4. по конструктивному исполнению: однополюсные или трехполюсные, с заземляющими ножами или без них, с вертикальным расположением главных ножей или с горизонтальным;

Выбранные разъединители проверяются:

1. на электродинамическую стойкость:  $i_y \leq i_{пр}$ ;

2. на термическую стойкость:  $В_k \leq I^2_t * t_t$ ;

Выбираем:

РВ – 10/400 УЗ

Номинальный ток  $I_{ном} = 400 \text{ А}$

Время протекания тока термической стойкости  $t_t = 4 \text{ с}$ .

Ток термической стойкости  $I_t = 16 \text{ кА}$ .

Условия проверки:

$i_{доп} \geq i_y$ , или  $41 \text{ кА} > 3,3 \text{ кА}$

$В_k = 0,72 \text{ кА}^2 \text{ с}$

$I_t^2 * t_t \geq В_k$ , или  $16^2 * 4 = 1024 \text{ кА}^2 \text{ с} > 0,72 \text{ кА}^2 \text{ с}$

#### **7.4 Выключатели нагрузки**

Выбор осуществляется по номинальному рабочему току и напряжению

ВНПу – 10 / 400 – 10з УЗ.

Номинальный ток  $I_{ном} = 400 \text{ А}$

#### **7.5 Выбор измерительных трансформаторов**

Контрольно-измерительные приборы устанавливаются для контроля за электрическими параметрами в схеме электроустановки и расчетов за электроэнергию, потребляемую и отпускаемую подстанцией.

1. измерение тока выполняется на вводах силовых трансформаторов со стороны всех ступеней напряжения: на всех питающих и отходящих линиях;
2. измерение напряжения осуществляется на шинах всех РУ;



3. учет активной и реактивной энергии с помощью счетчиков выполняется на вводах низкого напряжения понизительных трансформаторов, фидерах потребителей, ТСН.

### 7.5.1 Трансформаторы тока

Трансформаторы тока выбираются по условиям:

1. по напряжению установки:  $U_{ном} \geq U_{уст}$ ;
2. по номинальному току:  $I_{ном} \geq I_{раб}$ ;
3. по роду установки (внутренняя, наружная);
4. по классу точности (при питании расчетных счетчиков – 0,5; щитовых приборов и контрольных счетчиков – 1; релейной защиты – 3 и 10);

Выбранные трансформаторы тока проверяются:

1. на электродинамическую стойкость:  $i_y \leq i_{пр}$ ;
2. на термическую стойкость:  $В_k \leq I_T^2 * t_T$ ;

Выбираем:

**- на обмотке ВН ГРП и шинах РУ-10 кВ:**

**ТПЛ – 10 УЗ**

$$U_{ном} = 10 \text{ кВ}; I_{ном1} = 200 \text{ А}; I_{ном2} = 5 \text{ А}$$

Время протекания тока термической стойкости  $t_T = 3 \text{ с}$ .

Ток термической стойкости  $I_T = 13,5 \text{ кА}$ .

Ток динамической стойкости  $I_{дин} = 52,5 \text{ кА}$

Условия проверки:

$$I_{дин} \geq i_y, \text{ или } 52,5 \text{ кА} > 3,3 \text{ кА}$$

$$В_k = 0,72 \text{ кА}^2 \text{ с}$$

$$I_T^2 * t_T \geq В_k, \text{ или } 13,5^2 * 3 = 546,75 \text{ кА}^2 \text{ с} > 0,72 \text{ кА}^2 \text{ с}$$

по величине нагрузки вторичной цепи  $r_{2ном} \geq r_2$

**Присоединяем амперметр Э-378, счетчики активной САЧ-И672 и реактивной СРЧ-И673 энергии на обмотку класса точности 0,5**

$$r_2 = r_{\text{пр}} + r_{\text{к}} + r_{\text{приб}}$$

$$r_{\text{к}} = 0,05 \text{ Ом}$$

$$r_{\text{пр}} = \rho * l_{\text{расч}} / q ; \rho = 2,83 * 10^{-8} \text{ Ом м}, q = 4 * 10^{-6} \text{ м}^2, l_{\text{расч}} = 30 \text{ м}$$

$$r_{\text{пр}} = 2,83 * 10^{-8} * 30 / 4 * 10^{-6} = 0,12 \text{ Ом}$$

$$r_{\text{приб}} = S_{\text{приб}} / I_{\text{ном}}^2 = (0,5 + 2,5 + 2,5) / 5^2 = 0,22 \text{ Ом}$$

$$r_2 = 0,22 + 0,12 + 0,05 = 0,39 \text{ Ом} \leq 0,4 \text{ Ом}$$

**На обмотку класса точности 10Р присоединяем реле тока РТ-40/2 и реле времени РВМ-12**

$$r_{\text{приб}} = (0,2 + 10) / 5^2 = 0,408 \text{ Ом}$$

$$r_2 = 0,408 + 0,12 + 0,05 = 0,578 \text{ Ом} \leq 0,6 \text{ Ом}$$

**Трансформатор тока на цеховых подстанциях ТЛК-10-3-УЗ**

$$U_{\text{ном}} = 10 \text{ кВ}; I_{\text{ном1}} = 200 \text{ А}; I_{\text{ном2}} = 5 \text{ А}$$

1. на электродинамическую стойкость:  $i_y \leq i_{\text{пр}}$ ;

$$3,3 \text{ кА} \leq 52 \text{ кА}$$

2. на термическую стойкость:  $W_k \leq I^2_{\text{т}} * t_{\text{т}}$ ;

$$W_k = 0,72 \text{ кА}^2 \text{ с} \leq I^2_{\text{т}} * t_{\text{т}} = 10^2 * 3 = 300 \text{ кА}^2 \text{ с}$$

3. по величине нагрузки вторичной цепи  $r_{2\text{ном}} \geq r_2$

**Присоединяем амперметр Э-378, счетчики активной СЧ-И672 и реактивной СРЧ-И673 энергии на обмотку класса точности 0,5**

$$r_2 = r_{\text{пр}} + r_{\text{к}} + r_{\text{приб}}$$

$$r_k = 0,05 \text{ Ом}$$

$$r_{\text{пр}} = \rho * l_{\text{расч}} / q ; \rho = 2,83 * 10^{-8} \text{ Ом м}, q = 4 * 10^{-6} \text{ м}^2, l_{\text{расч}} = 30 \text{ м}$$

$$r_{\text{пр}} = 2,83 * 10^{-8} * 30 / 4 * 10^{-6} = 0,12 \text{ Ом}$$

$$r_{\text{приб}} = S_{\text{приб}} / I_{\text{ном}}^2 = (0,5 + 2,5 + 2,5) / 5^2 = 0,22 \text{ Ом}$$

$$r_2 = 0,22 + 0,12 + 0,05 = 0,39 \text{ Ом} \leq 0,4 \text{ Ом}$$

**На обмотку класса точности 10Р присоединяем реле тока РТ-40/2 и реле времени РВМ-12**

$$r_{\text{приб}} = (0,2 + 10) / 5^2 = 0,408 \text{ Ом}$$

$$r_2 = 0,408 + 0,12 + 0,05 = 0,578 \text{ Ом} \leq 0,6 \text{ Ом}$$

### **7.5.2 Трансформаторы напряжения**

Трансформаторы напряжения выбираются по условиям:

1. по напряжению установки:  $U_{\text{ном}} \geq U_{\text{уст}}$ ;
2. по конструкции и схеме соединения обмоток;
3. по классу точности (при питании расчетных счетчиков – 0,5; щитовых приборов и контрольных счетчиков и реле 1 и 3);
4. на соответствие классу точности во вторичной нагрузке:  $S_2 \leq S_{2\text{ном}}$  ;

**Выберем НТМИ – 10-66У3**

Таблица № 45.

## Проверка соответствия класса точности во вторичной нагрузке

прибор	Кол-во	число катушек	$S_{\text{кат}}, \text{ВА}$	$\cos\varphi$	$S_{\text{приб}}, \text{ВА}$	$\sin\varphi$	$Q_{\text{приб}}, \text{Вар}$
Вольтметр Э-378	8	1	2	1	16	0	0
САС-И672	6	2	4	0,38	18,24	0,925	44,7
СРЧ-И673	2	3	7,5	0,38	17,1	0,925	41,623
					51,34		86,025

$$S_2 = \sqrt{P_{\text{приб}\Sigma}^2 + Q_{\text{приб}\Sigma}^2} = 100,2 \text{ ВА} \leq S_{2\text{ном}} = 120 \text{ ВА}$$

## 8. Расчет внутренней сети

Расчет внутренней сети будем производить для сборочного цеха. Для этого чертим план цеха, содержащий:

строительные элементы (стены, окна, двери и.т.д.), электрооборудование цеха, питающие линии.

Во внутренней сети цеха будем использовать закрытые комплектные шинопроводы различного сечения. Использование данного типа шинопроводов обусловлено хорошими техническими и эксплуатационными преимуществами по сравнению с открытыми шинопроводами и кабелями.

После выбора оборудования внутренней сети, производим проверку шинопроводов на:

1) Допустимый ток

$I_d$  = ток длительно допустимый,

$I_d > I_n$

Таблица № 46

№	Сборочный цех	Рн,кВт	п,шт	Ps	Ки	cosφ	tg	п*Рн*Рн	Qн	Qс,кВар	Рс	Нэ	Кра	Кпр	Рр	Qр	Sp	Ip
1	ШР1 ААБ-3х50 Idоп=120А	15	2	30	0,6	0,7	1,02	450	30,61	18,36	18							
2		20	1	20	0,06	0,45	1,98	400	39,69	2,38	1,2							
3		3	4	12	0,14	0,6	1,33	36	16,00	2,24	1,68							
4		5	4	20	0,14	0,6	1,33	100	26,67	3,73	2,8							
5		10	3	30	0,14	0,6	1,33	300	40,00	5,60	4,2							
6		2	2	4	0,14	0,6	1,33	8	5,33	0,75	0,56							
7		60	1	60	0,55	0,95	0,33	3600	19,72	10,85	33							
				176	0,35			4894		43,91	61,44	6,3	0,95	1,1	58	48	76	109,01
8	ШР2 ААБ-3х35 Idоп=95А	5	1	5	0,35	0,65	1,17	0	5,85	2,05	1,75							
9		18	2	36	0,06	0,45	1,98	450	71,44	4,29	2,16							
10		8	4	32	0,06	0,45	1,98	180	63,50	3,81	1,92							
11		6	5	30	0,65	0,8	0,75	588	22,50	14,63	19,5							
12		14	3	42	0,65	0,8	0,75	300	31,50	20,48	27,3							
				104	0,47			1068		38,91	48,72	10	0,9	1,1	44	43	61	88,44
13	ШР3 ААБ-3х35 Idоп=95А	7	5	35	0,14	0,6	1,33	245	46,67	6,53	4,9							
14		6	2	12	0,65	0,8	0,75	72	9,00	5,85	7,8							
15		55	1	55	0,25	0,65	1,17	256	64,30	16,08	13,75							
16		10	3	30	0,06	0,45	1,98	400	59,54	3,57	1,8							
17		20	1	20	0,06	0,45	1,98	300	39,69	2,38	1,2							
18		15	2	30	0,3	0,35	2,68	25	80,29	24,09	9							
19		10	3	30	0,65	0,8	0,75	196	22,50	14,63	19,5							
20		7	4	28	0,55	0,95	0,33	0	9,20	5,06	15,4							
				138	0,34			921		49,73	46,9	21	0,85	1	40	50	64	91,99

## Расчет заземляющего устройства

Расчет заземляющего устройства предлагается выбрать по методике:

В основе расчета положен графо-аналитический метод, основанный на применении теории подобия, которая предусматривает:

1) замену реального грунта с изменяющимися по глубине удельным сопротивлением

эквивалентной двухслойной структурой с сопротивлением верхнего слоя  $\rho_1$ , толщиной  $h$  и сопротивлением нижнего слоя  $\rho_2$ , значения которых определяются методом вертикального электрического зондирования.

2) замену реального сложного заземляющего контура, состоящего из системы вертикальных электродов, объединенных сеткой с шагом 4 - 20 м. и любой конфигурации- эквивалентной квадратной расчетной моделью с одинаковыми ячейками, однослойной структурой земли ( $\rho_2$ ) при сохранении их площадей ( $s$ ), общей длины вертикальных ( $L_v$ ), горизонтальных ( $L_g$ ) электродов, глубины их замыкания ( $R_z$ ) и напряжения прикосновения ( $U_{пр}$ ).

$S = 48600 \text{ м}^2$       Пощ.  
 $h = 1,8 \text{ м}$       толщина верхнего слоя земли

Принимаются расчетные величины:

1) число горизонтальных заземлителей:

$$L_g = (22 - 25) \rho_1(S) = 4849,99$$

2) число вертикальных электродов:

$$n_v = (0,3 - 0,35) \rho_1(S) = 66,14$$

3) длина вертикального электрода:

$$l_v = 2 h = 3,6 \text{ м};$$

4) общая длина вертикальных электродов:

$$L_v = n_v l_v = 237,6 \text{ м};$$

5) расстояние между вертикальными электродами:

$$a = 2 l_v = 7,2 \text{ м};$$

6) глубина заложения горизонтальных электродов:

$$h_g = (0,5 - 0,8) = 0,7 \text{ м};$$

Сопротивление заземляющего контура:

$$R_z = (A \rho_2 / \rho_1(S)) + (\rho_2 / (L_g + L_v)) = 0,24376 \text{ Ом}$$

где  $\rho_2 = 115,2 \text{ Ом м}$  - эквивалентное сопротивление грунта;

$$(l_v + h_g) / \rho_1 S = 0,0195 < 0,1$$

$$A = 0,423146$$

Напряжение прикосновения:

$$U_{пр} = I_k R_z \text{ кпр} = 104,587 \text{ В} < U_{пр} = 140 \text{ В};$$

условие выполняется

$$I_k = 2542,1 \text{ А}$$

$$\text{кпр} = 0,16878$$

## **Вывод**

В курсовом проекте рассчитаны электрические нагрузки цехов, определен центр электрических нагрузок (рис.5). Выбрано место положения главной распределительной подстанции (рис.6). Рассчитаны мощности цехов с учетом потерь в трансформаторах и с учетом компенсации реактивной мощности на низкой стороне. Выбраны кабели. Рассмотрены два варианта схем электроснабжения радиальная и магистральная схемы, по стоимости схем выбрана магистральная схема электроснабжения. Рассчитаны ток короткого замыкания для РУ-10 кВ, выбрано и проверено оборудование для магистральной схемы.



## Литература

1. Крюков В.И. Системы электроснабжения справочные материалы к курсовому проектированию. Иркутск,-2002.
2. Федоров А.А., Старкова Л.Е. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования по электроснабжению промышленных предприятий: Учеб. Пособие для вузов. -М.: Энергоатомиздат, 1987. -368 с.: ил.
3. Справочник по проектированию электроснабжения / Под ред. Ю.Г. Барыбина и др.-М.: Энергоатомиздат, 1990, - 576 с.
4. Справочные материалы для проектирования воздушных линий электропередачи напряжением 0,38 кВ с СИП. АООТ РОСЭП. - М.: 2001.
5. Идельчик В.И. Электрические системы и сети. -М.: Энергоатомиздат, 1989.-292 с
6. Рожкова Л.Д., Козулин В.С. Электрооборудование для станций и подстанций: Учебник для техникумов. - М.: Энергоатомиздат, 1987. - 648 с.: ил.
7. Крюков В.И., Справочник по эксплуатации электроустановок жилых домов - М.: Стройиздат, 1984 г.
8. Районная электрическая сеть. Методические указания к курсовому проекту по дисциплине Электроэнергетика. Составили Прокопчук К.И., Акишин Л.А.