

**СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**

Факультет інженерії

Кафедра електричної інженерії

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту
освітньо-кваліфікаційного рівня _____ спеціаліст _____

галузі знань 14 електрична інженерія _____

спеціальності 141 електроенергетика, електротехніка та електромеханіка _____

Електропостачання цеху механічного оброблення
заводу двигунів загальною потужністю 6,3МВА

Виконав: студент групи ЕСЕ-163с

_____ Белоконенко В.П. _____

(прізвище, та ініціали)

(підпис)

Керівник

_____ ст.викл. Голубєва С.М. _____

(прізвище, та ініціали)

(підпис)

В.о. завідувача кафедри

_____ доц. Жидков А.Б. _____

(прізвище, та ініціали)

(підпис)

Рецензент

_____ (прізвище, та ініціали)

(підпис)

Сєвєродонецьк – 2018 р.

РЕФЕРАТ

Записка пояснення містить: 97 стор. тексту, 10 рис., 36 табл.,
13 бібл. найм.

ЕЛЕКТРОПРИЙМАЧ, ЦЕХОВА ЕЛЕКТРИЧНА МЕРЕЖА,
ЗНИЖУВАЛЬНА ПІДСТАНЦЯ, ДЖЕРЕЛО ЖИВЛЕННЯ, ЦЕНТР
ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ, СИЛОВИЙ КАБЕЛЬ, СИЛОВІ ПУНКТИ,
АВТОМАТИЧНИЙ ВИМИКАЧ, АВАРІЙНЕ ОСВІТЛЕННЯ, ЗАПОБІЖНИК

У дипломному проекті виконано розрахунок електропостачання цехової електричної мережі. Розроблені й прораховані два варіанти схем електропостачання цеху механічної обробки заводу по виготовленню двигунів.

Розраховані і обрані джерела живлення, комутаційно-захисна апаратура, кабельні лінії. Зроблено оцінку якості напруги в цеховій мережі.

Розраховані струми короткого замикання.

Виконано розрахунок електричного освітлення приміщень.

Виконані економічні розрахунки з метою визначення оптимального варіанта схеми, параметрів електромережі і її елементів.

ЗМІСТ

	стр.
ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ПРОЕКТУВАННЯ. ВИБІР ДЖЕРЕЛА І НАПРУГИ ЖИВЛЕННЯ	8
1.1. Опис технологічного процесу	9
1.2. Класифікація електроприймачів	11
1.3. Вибір напруги цехової електричної мережі	13
РОЗДІЛ 2. ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ	15
2.1. Для проєктованого цеху	15
2.2. Для інших корпусів, цехів і ділянок підприємства	17
РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ	20
3.1. Розрахунок робочого освітлення	20
3.2. Розрахунок аварійного освітлення	24
3.3. Освітлювальне навантаження цехів	26
РОЗДІЛ 4. ВИБІР СХЕМИ ЗОВНІШНЬОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА	28
4.1. Розрахунок навантаження на шинах низької напруги ГПП	28
4.2. Вибір джерел живлення до ГПП	29
4.3. Вибір трансформаторів на ГПП	30
РОЗДІЛ 5. ПРОЕКТУВАННЯ СХЕМИ ВНУТРІШНЬОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА	31
5.1. Визначення центру електричних навантажень підприємства і вибір місця установки ГПП	31
5.2. Побудова картограми навантажень підприємства	33
5.3. Розрахунок номінальної потужності і кількості ЦТП з урахуванням компенсації реактивної потужності на низькій стороні цехових трансформаторів	34

5.4.Розробка варіантів схем каналізації електроенергії на підприємстві	36
5.5.Вибір параметрів кабелів ВН для варіантів схем	40
5.6.Вибір високовольного обладнання	46
5.7.Розрахунок струмів короткого замикання	48
РОЗДІЛ 6. ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ	53
6.1. Технічні показники електроприймачів цеху механічного оброблення	53
6.2. Визначення розрахункових електричних навантажень на першому рівні	53
6.3. Вибір і розрахунок схеми електропостачання другого рівня	56
РОЗДІЛ 7. РОЗРАХУНОК ВТРАТ ПОТУЖНОСТІ І НАПРУГИ В ЦЕХОВІЙ РОЗПОДІЛЬНІЙ МЕРЕЖІ	70
7.1. Розрахунок втрат потужності в цеховій розподільній мережі	70
7.2. Розрахунок втрат напруги в цеховій розподільній мережі	72
7.3. Розрахунок струмів короткого замикання в мережі	75
7.4. Перевірка основного обладнання мережі	79
РОЗДІЛ 8. АНАЛІЗ ЯКОСТІ НАПРУГИ ЦЕХОВОЇ МЕРЕЖІ І РОЗРАХУНОК ВІДХИЛЕННЯ НАПРУГИ ДЛЯ ХАРАКТЕРНИХ ЕЛЕКТРОПРИЙМАЧІВ	81
РОЗДІЛ 9. КОНСТРУКТИВНЕ ВИКОНАННЯ ЦЕХОВОЇ МЕРЕЖІ І ПІДСТАНЦІЇ	88
РОЗДІЛ 10. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	90
Висновок	94
Список літератури	95

ВСТУП

Технічний прогрес в промисловості тісно пов'язаний зі створенням і впровадженням уніфікованого обладнання з поліпшеними енергетичними характеристиками і великою одиничною потужністю. Впровадження обладнання призводить до зростання електроспоживання. Тенденція зростання питомих витрат електроенергії триватиме і надалі. Це обумовлює подальше вдосконалення систем електропостачання.

Безперервний розвиток та ускладнення техніки і технології викликають необхідність у вирішенні низки складних науково-технічних завдань, таких як:

- максимальне зменшення розгалуженості електричних мереж на основі наближення джерел живлення до центрів електричних навантажень і застосування радіальних схем розподілу електричної енергії;

- розробка науково-обґрунтованих керівних і методичних положень щодо визначення електричних навантажень підприємств;

- вдосконалення існуючих, розробка і промислове впровадження принципово нових способів і засобів захисту обслуговуючого і ремонтного персоналу від ураження електричним струмом;

- розробка та промислове впровадження нових і сучасних засобів телекерування, телесигналізації і дистанційного контролю в системах електропостачання підприємств.

Подальше вдосконалення систем електропостачання повинно ув'язуватися з вдосконаленням технології робіт і новими вимогами до електропостачання. У зв'язку з цим важливе місце в системі підготовки інженерів займають питання, пов'язані з передачею, перетворенням і розподілом електроенергії між електроприймач промислових підприємств.

Тому, метою дипломного проекту є розрахунок і проектування сучасного електропостачання цехової електричної мережі.

РАЗДЕЛ 1

ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА ПРОЕКТИРОВАНИЯ. ВЫБОР ИСТОЧНИКА И НАПРЯЖЕНИЯ ПИТАНИЯ

Основной продукцией завода являются двигатели малой мощности. Генеральный план завода показан на рис. 1.1. Основное производство продукции сосредоточено в шести разных цехах, которые находятся недалеко друг от друга. По надежности электроснабжения эти цеха должны быть отнесены ко второй категории, так как перерыв в их электроснабжении может привести к остановке производства и значительному материальному ущербу. Все остальные помещения являются второстепенными, они неучаствуют в технологическом процессе, поэтому по надежности электроснабжения их можно отнести к третьей категории. Электрические нагрузки завода представлены в таблице 1.1

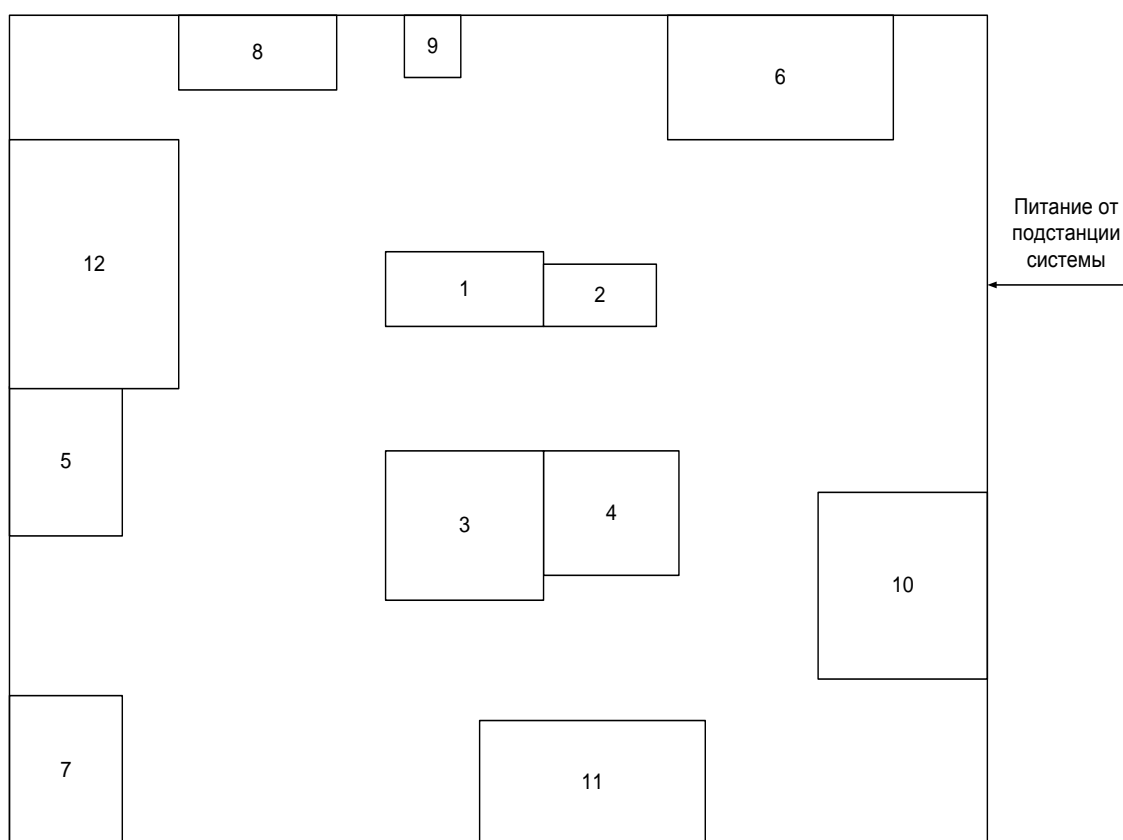


Рис. 1.1. Схема генерального плана завода

Электрические нагрузки завода

№ п/п	Наименование	Количество электроприемников	Установленная мощность электроприемников, кВт	
			одного	суммарная
1.	Цех литья под давлением	30	1-320	2100
2.	Цех изготовления обмоток	40	1-60	1350
3.	Цех заготовительно-штамповочный	30	1-60	1150
4.	Цех механической обработки	См. табл. 1.2		
5.	Склад	10	1-80	600
6.	Блок вспомогательных цехов	70	1-40	1150
7.	Склад металла	10	1-100	550
8.	Административный корпус	40	1-20	350
9.	Столовая	20	1-40	300
10.	Сварочно-заготовительный цех	50	1-80	1450
11.	Механосборочный цех	70	1-50	1800
12.	Транспортный цех	40	1-40	650

По опасности поражения человека электрическим током помещения завода являются токовыми, так как бетонные полы в цехах являются токопроводящими.

Некоторые помещения относятся к пожароопасным, как например, цех заготовительно-штамповочный (№3), из-за возможности скапливания масла в приемках штамповочных автоматов и прессов.

По химической активности среда цехов является безопасной.

1.1. Описание технологического процесса

Производство завода сосредоточено в шести цехах: цех литья под давлением (№1), включающий в себя электропечное оборудование, машины для литья под давлением, прессы горячей и холодной штамповки. В этом цехе происходит первичная обработка корпусов электродвигателей.

Цех заготовительно-штамповочный (№3) состоит из двух участков: заготовительного и заготовительно-штамповочного. Здесь набираются роторы электродвигателей из листовой электротехнической стали. Валы роторов вытачиваются на участке механической обработки в цехе механической обработки (№4), где также расположен ремонтно-механический участок. Также

ремонтный участок расположен в сварочно-заготовительном цехе (№10), где происходит ремонт силового и другого оборудования.

В цехе механической обработки находится 45 электроприемников. Электрические нагрузки цеха показаны в таблице 1.2.

Таблица 1.2

Электрические нагрузки цеха механической обработки

№ ЭП по плану	Наименование электроприёмников	Тип	Рпасп., кВт	ПВпасп, о.е.	cosφ пасп	Ки	Кзаг	Категория	Un, В	Кп
1	Ножницы с пневмоприводом	СМЖ-60	7,5	0,25	0,65	0,3	0,75	3	0,38	3
2,3,4,5	Станок продольно-фрезерный	6Т83Ш	90,3	0,6	0,6	0,22	0,75	3	0,38	3
6,7	Станок горизонтально-расточной	2Н637ГФ1	40,8	0,4	0,6	0,22	0,75	3	0,38	3
7	Станок горизонтально-расточной	2Н637ГФ1	40,8	0,4	0,6	0,22	0,75	3	0,38	3
8,9,10	Станок круглошлифовальный	3М162М	21,32	0,6	0,55	0,16	0,75	3	0,38	3
11,12,13,14,15	Станок токарный	16Б16Т1	9,63	0,6	0,5	0,16	0,75	3	0,38	3
16,17,18	Станок вертикально-сверлильный	2Д132	22	0,4	0,5	0,16	0,75	3	0,38	3
19	Пресс гидравлический	П63286	11	0,25	0,6	0,22	0,75	2	0,38	5
20	Конвейер тележечный	н.о.	11	1	0,75	0,4	0,9	3	0,38	3
21,22,23,24	Станок токарно-винторезный	16К20ВФ1	17	0,4	0,6	0,16	0,75	3	0,38	3
25,26,27	Станок радиально-сверлильный	2А554	9,125	0,6	0,6	0,16	0,75	3	0,38	3
28,29,30,31	Станок круглошлифовальный	3М162М	21,32	0,6	0,55	0,16	0,75	3	0,38	3
32	Станок опилоочный	8Б74	7,125	0,4	0,6	0,2	0,75	3	0,38	3
33,34,35,36	Пресс автомат круглошлифовальный	н.о.	10	0,6	0,55	0,16	0,75	2	0,38	3
36,37,38	Пресс автомат балансировочный	9716	2,1	0,6	0,5	0,14	0,75	2	0,38	3
39, 40	Станок фрезерно-расточной	6Т13Ф20-1	83,2	0,4	0,6	0,15	0,75	3	0,38	3
41,42,43,44,45	Вентилятор крышный	н.о.	2,2	1	0,8	0,65	0,9	2	0,38	3

В цехе изготовления обмоток (№2) статоров расположено оборудование для комплектования статоров электродвигателей.

После окончания работы над всеми сборочными единицами, комплектующие поступают в механосборочный цех (№11), где проходит окончательная сборка электродвигателей, дальнейшая их упаковка и отправка на склад готовой продукции.

1.2. Классификация электроприемников

1.2.1. По производственному назначению

1. Электротермические установки. К этой группе относятся печи сопротивления.

2. Электродвигатели производственных механизмов, применяемые для электропривода станков.

3. Электродвигатели силовых производственных установок. В эти электроприемники входят вентиляторы и подъемно-транспортные механизмы.

4. Электросварочные устройства. По технологии работ сварка относится к контактной, по способу производства работ к автоматической.

5. Осветительные установки. Электрические светильники представляют собой однофазную нагрузку, однако благодаря незначительной осветительной единичной мощности приемника (лампы ДРЛ до 1кВ) в электрической сети при правильной группировке осветительных приборов достигается достаточно равномерная нагрузка по фазам.

На производстве в случае отключения освещения возникает ситуация угрозы безопасности людей, для этого применяют систему аварийно-эвакуационного освещения. В качестве источников света аварийного и эвакуационного освещения используются лампы накаливания.

1.2.2. По режимам работы

1. Электроприемники работающие в режиме продолжительной или маломеняющейся нагрузки.

В этом режиме электрические машины и аппараты могут работать длительное время без превышения температуры отдельных частей машины выше допустимой.

Примером электроприемников, работающих в этом режиме, являются электродвигатели вентиляторов.

2. Электроприемники, работающие в режиме кратковременной нагрузки.

В этом режиме, рабочий период машины или аппарата не настолько длителен, чтобы температура отдельных частей машины могла достигнуть

установившегося значения, а период их остановки таков, что они успевают охладиться до температуры окружающей среды.

В таком режиме работают большинство электроприемников, вспомогательных механизмов, металлорежущих станков, гидравлических затворов, различных задвижек и заслонок.

3. Электроприемники работающие в режиме повторно-кратковременной нагрузки.

Основной характеристикой является коэффициент продолжительности включения $ПВ = (T_p / (T_p + T_o)) \cdot 100$. В этом режиме периоды T_p (время включения двигателя в работу) чередуются с периодами пауз T_o (продолжительность пауз за время цикла работы), а длительность всего цикла не превышает 10 минут. При этом нагрев не превышает допустимого, а охлаждение температуры не достигает температуры окружающей среды.

В повторно-кратковременном режиме работают двигатели мостового крана, сварочные аппараты.

1.2.3. По надежности электроснабжения

Надежность электроснабжения – это способность системы электроснабжения обеспечить предприятия электроэнергией хорошего качества, без срыва плана производства и не допускать аварийных перерывов в электроснабжении.

По обеспечению надежности электроприемники относятся к 2 и 3 категории.

1-я категория – приемники, перерыв в электроснабжении которых может повлечь за собой опасность для жизни людей или значительный материальный ущерб, связанный с повреждением оборудования, массовым браком продукции или длительным расстройством сложного технологического процесса производства.

2-я категория – приемники, перерыв в электроснабжении которых связан с существенным недоотпуском продукции, простоем людей, промышленного транспорта.

3-я категория – приемники, не подходящие под определение 1-й и 2-й категорий (например, приемники второстепенных цехов, не определяющих технологический процесс основного производства).

1.3. Выбор напряжения цеховой электрической сети

Напряжение каждого звена системы электроснабжения следует выбирать с учетом напряжений смежных звеньев для получения наиболее экономичного варианта электроснабжения предприятия в целом. Предпочтение при выборе вариантов следует отдавать варианту, с более высоким напряжением, даже при небольших экономических преимуществах низшего из сравниваемых напряжений.

Для питания крупных и особо крупных предприятий следует применять напряжения 110, 220, 330, 500 кВ. На первых ступенях распределения энергии на крупных предприятиях следует применять напряжение 110 и 220 кВ.

Рассмотрим следующие варианты питающего напряжения: 35 кВ, 20 кВ, 10 кВ, 6 кВ.

Напряжение 35 кВ применяют для питания предприятий средней мощности для полного или частичного внутривозовского распределения электроэнергии при наличии:

а) Крупных электроприемников на 35 кВ: мощных сталеплавильных печей, мощных ртутных выпрямительных установок;

б) Удаленных нагрузок и других условий, требующих для питания потребителей повышенного напряжения

в) Схемы "глубокого ввода" для питания группы подстанций 35/0,4 кВ малой и средней мощности.

Преимущество напряжения 20кВ по сравнению с напряжением 35кВ заключается в более простом устройстве сети и более дешевых коммутационно-защитных аппаратах. Но с другой стороны, повышение питающего напряжения уменьшает потери в питающих линиях.

По сравнению с напряжением 10 кВ при напряжении 20 кВ снижаются потери электроэнергии в элементах системы электроснабжения и токи КЗ в сетях. Необходимо отметить, что, несмотря на имеющиеся преимущества,

применение напряжения 20 кВ сдерживается отсутствием электрооборудования на это напряжение.

Напряжения 10 кВ должно широко применяться для внутривозовского распределения энергии:

а) на крупных предприятиях с мощными двигателями, допускающими непосредственное присоединение к сети 10 кВ;

б) На предприятии небольшой и средней мощности при отсутствии или небольшом числе двигателей, которые могли быть непосредственно присоединены к напряжению 6 кВ.

Напряжение 6 кВ широко используют на промышленных предприятиях: на средних по мощности предприятиях — для питающих и распределительных сетей.

Напряжение 10 кВ является более экономичным по сравнению с напряжением 6 кВ. Напряжение 6 кВ допускается применять только в тех случаях, если на предприятии преобладают приемники электроэнергии с номинальным напряжением 6 кВ. Поскольку, рассматриваемый в данном курсовом проекте, ремонтно-механический цех не имеет приемников электроэнергии с номинальным напряжением 6 кВ, то целесообразно, выбирая между 6 и 10 кВ, остановить свой выбор на напряжении питания 10 кВ.

Так как на предприятии присутствуют электроприемники только на 0,4 кВ, то будет более целесообразным остановить свой выбор на напряжении 10кВ. Использование этого напряжения значительно снижает потери электроэнергии в сети электроснабжения, по сравнению с напряжением 6 кВ, и из за малой потребляемой мощности предприятием, получается выгодней по сравнению с напряжением 20 кВ.

РАЗДЕЛ 2
ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК
ПРЕДПРИЯТИЯ

2.1. Для проектируемого цеха

2.1.1. Расчет силовой электрической нагрузки методом коэффициентов использования и максимума

Все ЭП разбиваются по расчетным узлам, в каждом узле электроприемники разделяются на характерные группы с примерно одинаковыми коэффициентами использования $K_{и}$ и мощности $\cos\varphi$ с выделением групп ЭП с переменным и практически постоянным графиками нагрузки.

Коэффициенты использования и коэффициенты мощности определяются по табл. 2.1 [1]. Расчетная максимальная активная P_m и реактивная Q_m нагрузка групп ЭП определяются из выражений:

$$P_m = K_m \cdot P_{см} = K_m \cdot K_{и} \cdot P_n, \text{ кВт};$$

где $P_{см}$ - средняя мощность работающих ЭП за наиболее загруженную смену, $K_{и}$ - групповой коэффициент использования активной мощности.

Для дальнейших расчетов воспользуемся методикой «Расчет нагрузок методом упорядоченных диаграмм».

Из таблиц завода определяем K_m, P_m, Q_m, S_m, I_p , где средневзвешенное значение коэффициента использования и $tg\varphi_c: K_{и} = \frac{\sum P_{см}}{\sum P_n}, tg\varphi_c = \frac{\sum Q_{см}}{\sum P_{см}}$, а

максимальная полная нагрузка от приемников $S_m = \sqrt{P_m^2 + Q_m^2}$

При эффективном числе электроприёмников $n_{э} \leq 10 Q_m = 1,1 \cdot Q_{см}$; при $n_{э} > 10 Q_m = 1,1 \cdot Q_{см} = P_{см} \cdot tg\varphi_c$.

Полученные данные для всех приемников цеха сведем в таблицу 2.1.1.
Для цеха механической обработки таблица 2.1.2.

Таблица 2.1.1

№ ЭП по Генплану	Наименование узлов питания и групп электроприёмников	Количество электроприёмников, рабочих/резервных	Установленная мощность, приведённая к ПВ=100%, кВт		m	Коэффициент использования, Ки	cosφ	tgφ	Средняя нагрузка за максимально загруженную смену	
			Рном одного электроприёмника (наименьшего - наибольшего)	Рном общая, рабочих/резервных					Рсм, кВт	Qсм, кВАр
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Ножницы с пневмоприводом	1	3,75	3,75		0,30	0,65	1,17	1,13	1,32
2,3,4,5	Станок продольно-фрезерный	4	69,95	279,78		0,22	0,60	1,33	61,55	82,07
6,7	Станок горизонтально-расточной	2	25,80	51,61		0,22	0,60	1,33	11,35	15,14
8,9,10	Станок круглошлифовальный	3	16,51	49,54		0,16	0,55	1,52	7,93	12,04
11,12,13,14,15	Станок токарный	5	7,46	37,30		0,16	0,50	1,73	5,97	10,34
16,17,18	Станок вертикально-сверлильный	3	13,91	41,74		0,16	0,50	1,73	6,68	11,57
19	Пресс гидравлический	1	5,50	5,50		0,22	0,60	1,33	1,21	1,61
20	Конвейер тележечный	1	11,00	11,00		0,40	0,75	0,88	4,40	3,88
21,22,23,24	Станок токарно-винторезный	4	10,75	43,01		0,16	0,60	1,33	6,88	9,17
25,26,27	Станок радиально-сверлильный	3	7,07	21,20		0,16	0,60	1,33	3,39	4,52
28,29,30,31	Станок круглошлифовальный	4	16,51	66,06		0,16	0,55	1,52	10,57	16,05
32	Станок опилочный	1	4,51	4,51		0,20	0,60	1,33	0,90	1,20
33,34,35	Пресс автомат круглошлифовальный	3	7,75	23,24		0,16	0,55	1,52	3,72	5,65
36,37,38	Пресс автомат балансировочный	3	1,63	4,88		0,14	0,50	1,73	0,68	1,18
39, 40	Станок фрезерно-расточной	2	52,62	105,24		0,15	0,60	1,33	15,79	21,05
41,42,43,44,45	Вентилятор крышный	5	2,20	11,00		0,65	0,80	0,75	7,15	5,36
Итого на НН КТП		45	1,63÷69,95	759,36	>3	0,20	0,59	1,35	149,30	202,15

Таблица 2.1.2

Эффективное число электроприёмников, пэ	Коэффициент максимума, Км	Максимальная расчётная нагрузка			
		Рм, кВт	Qм,кВар	Sm, кВА	Im, А
22	1,44	214,99	222,36	309,30	469,93

2.2. Для прочих корпусов, цехов и участков предприятия

2.2.1. Расчет силовой электрической нагрузки методом коэффициентов использования и спроса

Суммарные расчетные активные и реактивные нагрузки потребителей до и выше 1000В в целом по предприятию определяются суммированием соответствующих нагрузок всех цехов с учетом расчетной нагрузки освещения, потерь мощности в трансформаторах цеховых подстанций и потерь в высоковольтной линии.

По вспомогательным формулам определяем активную, реактивную средние мощности за максимально загруженную смену на шинах до 1 кВ:

$$P_{см} = P_{н} \cdot K_{и};$$
$$Q_{см} = \operatorname{tg}\varphi \cdot P_{см}.$$

После чего рассчитываем полную сменную мощность на шинах до 1 кВ.

$$S_{м} = \sqrt{P_{см}^2 + Q_{см}^2}.$$

На следующем этапе находим активную, реактивную и полную максимальные мощности на шинах до 1 кВ:

$$P_{м} = P_{н} \cdot K_{с}; \quad Q_{м} = Q_{см};$$
$$S_{м} = \sqrt{P_{м}^2 + Q_{м}^2}.$$

Далее определяем потери максимальной активной, реактивной и сменной активной, реактивной мощностей в трансформаторе и линии

$$\Delta P_{м.тр.} = 0,025 \cdot S_{м}; \quad \Delta Q_{м.тр.} = 0,1 \cdot S_{м};$$
$$\Delta P_{м.л.} = 0,03 \cdot S_{м}; \quad \Delta P_{см.тр.} = 0,025 \cdot S_{см};$$
$$\Delta Q_{см.тр.} = 0,1 \cdot S_{см}; \quad \Delta P_{см.л.} = 0,03 \cdot S_{см}.$$

На основании выше перечисленных расчётов с учётом потерь мощностей в трансформаторах и линий находим среднюю активную и реактивную мощности на высокой стороне цеховой трансформаторной подстанции:

$$P_{см.вн.тп.} = P_{см} + \Delta P_{см.тр.}; \quad Q_{см.вн.тп.} = Q_{см} + \Delta Q_{см.тр}.$$

Произведём расчёт для цеха механической обработки:

$$K_{и} = 0,35; \cos(\varphi) = 0,7 \text{ из приложения [1, с.30], } K_{с} = 0,45.$$

$$P_{см} = 760 \cdot 0,35 = 266 \text{ кВт},$$

где $Q_{см} = tg(\arccos(0,7)) \cdot 266 = 271,37 \text{ кВАр}$;

$$S_{см} = \sqrt{266^2 + 271,37^2} = 380 \text{ кВА};$$

$$P_{м} = 760 \cdot 0,45 = 342 \text{ кВт}; \quad Q_{м} = 348,91 \text{ кВАр};$$

$$S_{м} = \sqrt{342^2 + 348,91^2} = 488,57 \text{ кВА};$$

$$\Delta P_{м.тр.} = 0,025 \cdot 488,57 = 12,21 \text{ кВт}; \Delta Q_{м.тр.} = 0,1 \cdot 488,57 = 48,86 \text{ кВАр};$$

$$\Delta P_{м.л.} = 0,03 \cdot 488,57 = 14,66 \text{ кВт}; \Delta P_{см.тр.} = 0,025 \cdot 488,57 = 9,5 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q_{см.тр.} = 0,1 \cdot 488,57 = 48,86 \text{ кВАр}; \Delta P_{см.л.} = 0,03 \cdot 488,57 = 14,66 \text{ кВт};$$

$$P_{см.вн.тп.} = 9,5 + 14,66 + 266 = 286,9 \text{ кВт}; \quad Q_{см.вн.тп.} = 48,86 + 38 = 86,86 \text{ кВАр}.$$

Расчет нагрузок для прочих корпусов и цехов предприятия сведем в таблицу 2.2.1 и 2.2.2, проведя расчеты для каждого цеха предприятия аналогично указанному выше примеру.

Таблица 2.2.1

Исходные данные для расчета

Наименование потребителя	P_n , кВт	k_n	k_c	$\cos\varphi$	$Tg\varphi$	$P_{см}$, кВт	$Q_{см}$, кВт	$S_{см}$ на шинах до 1000В, кВА	P_m , кВт	Q_m , кВт	S_m на шинах до 1000В, кВА
1.Цех литья под давлением	2100	0,65	0,75	0,85	0,62	1365	845,95	1605,88	1575,0	976,10	1852,94
2.Цех изготовления обмоток	1350	0,4	0,5	0,7	1,02	540	550,91	771,43	675,0	688,64	964,29
3.Цех заготовительно-штамповочный	710	0,4	0,5	0,8	0,75	284	213,00	355,00	355,0	266,25	443,75
4.Цех механической обработки	760	0,35	0,45	0,7	1,02	266	271,37	380,00	342,0	348,91	488,57
5. Склад	600	0,4	0,5	0,8	0,75	240	180,00	300,00	300,0	225,00	375,00
6. Блок вспомогательных цехов	1150	0,35	0,45	0,7	1,02	403	410,63	575,00	517,5	527,96	739,29
7. Склад металла	550	0,4	0,5	0,8	0,75	220	165,00	275,00	275,0	206,25	343,75
8. Административный корпус	350	0,4	0,5	0,85	0,62	140	86,76	164,71	175,0	108,46	205,88
9. Столовая	300	0,5	0,6	0,9	0,484	150	72,65	166,67	180,0	87,18	200,00
10. Сварочно-заготовительный цех	1450	0,45	0,55	0,6	1,333	653	870,00	1087,50	797,5	1063,33	1329,17
11. Механосборочный цех	1800	0,35	0,45	0,75	0,882	630	555,61	840,00	810,0	714,35	1080,00
12. Транспортный цех	650	0,3	0,4	0,7	1,02	195	198,94	278,571	260	265,25	371,429
ИТОГО на НН ГПП						5085	4420,83	6799,75	6262,0	5477,67	8394,06

Таблица 2.2.2

Расчет нагрузок

Наименование потребителя	$\Delta P_{\text{мтр}}$, кВт	$\Delta Q_{\text{мтр}}$, кВар	$\Delta P_{\text{мл}}$, кВт	$\Delta P_{\text{смтр}}$, кВт	$\Delta Q_{\text{смтр}}$, кВар	$\Delta P_{\text{смл}}$, кВт	Рсм на ВН цех ТП, кВт	Qсм на ВН цех ТП, кВАр
1.Цех литья под давлением	46,32	185,29	55,59	40,15	160,59	48,18	1453,32	1006,54
2.Цех изготовления обмоток	24,11	96,43	28,93	19,29	77,14	23,14	582,43	628,05
3.Цех заготовительно-штамповочный	11,09	44,38	13,31	8,88	35,50	10,65	303,53	248,50
4.Цех механической обработки	12,21	48,86	14,66	9,50	38,00	11,40	286,90	309,37
5. Склад	9,38	37,50	11,25	7,50	30,00	9,00	256,50	210,00
6. Блок вспомогательных цехов	18,48	73,93	22,18	14,38	57,50	17,25	434,13	468,13
7. Склад металла	8,59	34,38	10,31	6,88	27,50	8,25	235,13	192,50
8. Административный корпус	5,15	20,59	6,18	4,12	16,47	4,94	149,06	103,23
9. Столовая	5,00	20,00	6,00	4,17	16,67	5,00	159,17	89,31
10. Сварочно-заготовительный цех	33,23	132,92	39,88	27,19	108,75	32,63	712,31	978,75
11.Механосборочный цех	27,00	108,00	32,40	21,00	84,00	25,20	676,20	639,61
12.Транспортный цех	9,29	37,14	11,14	6,96	27,86	8,36	210,32	226,80
ИТОГО на НН ГПП	209,85	839,41	251,82	169,99	679,98	203,99	5458,99	5100,80

РАЗДЕЛ 3

РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОСВЕЩЕНИЯ

3.1. Расчет рабочего освещения

Рабочее освещение будем производить лампами ДРЛ в светильнике ГСР (рудничные взрывозащищенные).

Воспользуемся теми лампами, которые были применены на производстве.

В перспективе необходима замена ламп ДРЛ на светодиодные лампы.

Однако цена газоразрядной лампы – около 4 долларов, аналогичной по яркости светодиодной – 40 долларов.

Расчётная высота:

$$h = H - h_{ce} - h_{paб},$$

где H – высота цеха, м; h_{ce} - высота светильника, м; $h_{paб}$ - рабочая высота, м;

$$h = 10 - 1,2 - 0,8 = 8 \text{ м.}$$

Расчет будем производить для подробно проектируемого цеха:

Цех №4.

Расстояние между лампами:

$$La = \lambda \cdot h = 1 \cdot 8 = 8 \text{ м;}$$

Принимаем $Lb = 7 \text{ м.}$

$$\frac{La}{Lb} < 1,5,$$

$$8/7 = 1,14 < 1,5.$$

Тогда количество ламп будет равно:

$$N = 5 \cdot 5 = 25.$$

Индекс помещения:

$$i = \frac{S}{h(A+B)},$$

где A - длина помещения, м; $A = 37,2 \text{ м}$; B - ширина помещения, м;
 $B = 33,2 \text{ м}$;

$$S = A \cdot B = 37,2 \cdot 33,2 = 1235,04 \text{ м}^2;$$

$$i = \frac{1235,04}{8 \times (37,2 + 33,2)} = 2,19.$$

Световой поток:

$$F_{л} = \frac{E \cdot k \cdot S \cdot z}{N \cdot \eta},$$

где E – минимальная освещённость, лм, $E = 300$ лм, [4, табл. 4.1]; η – коэффициент использования светового потока, $\eta = 0,72$, [4, табл. 5.3].

$$F_{л} = \frac{300 \cdot 1,3 \cdot 1235,04 \cdot 1,15}{25 \cdot 0,72} = 30773,1 \text{ лм.}$$

Ближайшая стандартная лампа ДРЛ700.

Технические данные лампы: мощность – 700 Вт, световой поток – 33000 лм, диаметр – 140 мм, длина – 310 мм, цоколь – Р40.

Проверка:

$$\Delta F = \frac{F_{л} - F_{р}}{F_{р}} \cdot 100\% < 20\% ,$$

$$\Delta F = \frac{33000 - 30773,1}{33000} \cdot 100\% = 7,24\% < 20\% .$$

Мощность рабочего освещения:

$$P_{уст.раб.} = N \cdot P_{свет} = 25 \cdot 700 = 17500 \text{ Вт};$$

Расчётная нагрузка:

$$P_{р.о.} = P_{уст.} \cdot K_c \cdot K_{ПРА},$$

где K_c – коэффициент спроса, $K_c = 0,95$ [2, с.271]; $K_{ПРА}$ -коэффициент, учитывающий потери мощности в пускорегулирующей аппаратуре (ПРА), $K_{ПРА} = 1,1$.

$$P_{р.о.} = 17500 \cdot 0,95 \cdot 1,1 = 18287,5 \text{ Вт.}$$

Электротехнический расчёт рабочего освещения

Для светильников общего освещения применим напряжение 220 В. Электроснабжение рабочего освещения выполняется самостоятельными линиями от щитов подстанции. При этом электроэнергия от подстанции передаётся питающими линиями на осветительные магистральные пункты или

щитки, а от них – групповым осветительным щиткам. Питание источников света осуществляется от групповых щитков групповыми линиями.

Устанавливаем осветительные щиты:

ЩО:

Выбираем осветительный щиток типа ОЩВ –6, автомат на вводе АЕ3746, на отходящих линиях АЕ – 1031 – 11, 5 штук

Распределение светильников по фазам выполняется для более равномерного распределения нагрузки по фазам. Это уменьшает несимметрию сети электроснабжения цеха, а так же сечение проводников, благодаря равномерному распределению по фазам. Нагрузку можно считать равномерной, если моменты нагрузок отличаются незначительно.

$M = \sum P_i \cdot l_i$, где P_i мощность лампы, кВт; l_i расстояние от ИП до лампы, м.

$$\sum M_a \approx \sum M_b \approx \sum M_c.$$

Распределение по фазам:

Щит (ОЩВ – 12)

А	В	С	В	С
А	С	А	В	А
В	С	В	С	А
С	А	В	А	В
С	В	С	А	В

Расчёт моментов нагрузок:

$$M_A = 700 \cdot (32 + 10) + 700 \cdot ((23,9 + 10) + (23,9 + 10 + 7 \cdot 2) + (23,9 + 10 + 4 \cdot 7)) + 700 \cdot (16,2 + 10 + 4 \cdot 7) + 700 \cdot ((8,5 + 10 + 1 \cdot 7) + (8,5 + 10 + 3 \cdot 7)) + 700 \cdot (2,8 + 10 + 3 \cdot 7) = 237090 \text{ Вт} \cdot \text{м};$$

$$M_B = 700 \cdot ((32 + 10 + 1 \cdot 7) + (32 + 10 + 3 \cdot 7)) + 700 \cdot (23,9 + 10 + 3 \cdot 7) + 700 \cdot ((16,2 + 10) + (16,2 + 10 + 2 \cdot 7)) + 700 \cdot ((8,5 + 10 + 2 \cdot 7) + (8,5 + 10 + 4 \cdot 7)) + 700 \cdot (3,4 + 10 + 1 \cdot 7) = 232890 \text{ Вт} \cdot \text{м};$$

$$M_C = 700 \cdot ((32 + 10 + 2 \cdot 7) + (32 + 10 + 4 \cdot 7)) + 700 \cdot (23,9 + 10) + 700 \cdot ((16,2 + 10 + 1 \cdot 7) + (16,2 + 10 + 3 \cdot 7)) + 700 \cdot (8,5 + 10) + 700 \cdot ((2,8 + 10) + (2,8 + 10 + 2 \cdot 7) + (2,8 + 10 + 4 \cdot 7)) = 242340 \text{ Вт} \cdot \text{м}.$$

Нагрузка по фазам распределена практически равномерно.

Выбор сечения проводников осветительной сети.

Расчетный ток на участке четырехпроводной трехфазной сети определяется по выражению:

$$I_{po} = \frac{P_{po}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos \mu},$$

где P_{po} – активная расчетная мощность осветительной нагрузки, кВт;

$$P_{po} = K_c \cdot K_{ППА} \cdot P_{расч},$$

где K_c – коэффициент спроса, $K_c = 0,95$ [2, с. 271]; $K_{пра}$ – коэффициент, учитывающий потери мощности в пускорегулирующей аппаратуре, $K_{пра} = 1,1$ для лампы ДРЛ; $U_{ном}$ – номинальное напряжение осветительной сети (220 и 380 В); $\cos \varphi$ – коэффициент мощности осветительной нагрузки.

Расчётный ток для проводов проложенных до осветительных щитов:

$$P_{po} = 0,95 \cdot 1,1 \cdot 700 \cdot 25 = 18,2875 \text{ кВт},$$

$$I_{po} = \frac{18,2875}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,5} = 55,57 \text{ А}.$$

Принимаем сечение провода 10 мм^2 .

Расчётный ток на других проводах такой-же либо меньше, поэтому для остальных также кабеля марки АВВГ 4×10 .

Расчётный ток для проводов проложенных от осветительных щитов:

$$I_{po2} = \frac{3,658}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,5} = 11,114 \text{ А}.$$

Выбираем кабель АВВГ сечением 4 мм^2 .

Определяем суммарные моменты нагрузки для вычисления потерь напряжения.

$$M_2 = \sum P \cdot l = 18,2875 \cdot 40 = 731,5 \text{ кВт м}.$$

Потери напряжения:

$$\Delta U = \frac{M}{s \cdot K_c},$$

где s – сечение провода; K_c – коэффициент, зависящий от схемы питания и материала проводника, $K_c = 72$ [2, табл. 10.7].

$$\Delta U = \frac{M}{s \cdot K_c} = \frac{731,5}{10 \cdot 72} = 1,02\% .$$

Моменты нагрузок в самых удалённых лампах:

$$M_{cy} = 700 \cdot (32 + 10 + 4 \cdot 7) = 49000 \text{ Вт м.}$$

Потери напряжения в самых удалённых лампах:

$$\Delta U_{cy} = \frac{M_{cy}}{s_{cy} \cdot K_c} + \Delta U = \frac{49}{4 \cdot 72} + 1,02 = 1,19\% .$$

Потери напряжения не превышают допустимые.

3.2. Расчет аварийного освещения

Аварийное освещение будем выполнять лампами накаливания НГ220 в светильниках ПСХ.

Цех №4.

Расстояние между лампами:

$$La = \lambda \cdot h = 2,5 \cdot 8 = 20 \text{ м;}$$

Принимаем $Lb = 20 \text{ м}$.

$$\frac{La}{Lb} < 1,5;$$

$$20 / 20 = 1 < 1,5 .$$

Тогда количество ламп будет равно:

$$N = 2 \cdot 2 = 4 .$$

Индекс помещения:

$$i = \frac{S}{h(A + B)},$$

где S – площадь помещения, м^2 ; h – расчётная высота, м; A – длина помещения, м, $A = 37,2 \text{ м}$; B – ширина помещения, м, $B = 33,2 \text{ м}$.

$$S = A \cdot B = 37,2 \cdot 33,2 = 1235,04 \text{ м}^2 ;$$

$$i = \frac{1235,04}{8 \times (37,2 + 33,2)} = 2,19$$

Коэффициенты отражения берём из табл. 1-3 [4, с.11]:

- коэффициент отражения потолка $\rho_n = 30\%$,
- коэффициент отражения стен $\rho_c = 10\%$,
- коэффициент отражения рабочей поверхности $\rho_p = 10\%$.

Световой поток:

$$F_{л} = \frac{E \cdot k \cdot S \cdot z}{N \cdot \eta},$$

где E – минимальная освещённость, Лк, $E = 0,05 \cdot E_{раб} = 15$, [4, табл. 4.1]; k – коэффициент запаса, $k = 1,3$, [4, табл. 4.5]; S – площадь помещения, m^2 ; N – число светильников, η – коэффициент использования светового потока, $\eta = 0,3$, [4, табл. 5.3]; z – коэффициент минимальной освещённости, $z = 1,15$, [4, с. 111].

$$F_{л} = \frac{15 \cdot 1,3 \cdot 1235,04 \cdot 1,15}{4 \cdot 0,3} = 23079,8 \text{ лм};$$

$$\Delta F = \frac{F_{л} - F_{р}}{F_{р}} \cdot 100\% < 20\% ;$$

$$\Delta F = \frac{28000 - 23079,8}{28000} \cdot 100\% = 17,57\% < 20\% .$$

Ближайшая стандартная лампа НГ-220-1500.

Технические данные лампы:

Мощность – 1500 Вт, световой поток – 28000 лм, цоколь – Р40.

Мощность аварийного освещения:

$$P_{уст.авар} = N \cdot P_{свет} = 1500 \cdot 4 = 6000 \text{ Вт}.$$

Электротехнический расчёт аварийного освещения

Аварийное освещение выполняем лампами накаливания.

Питание осуществляем от одного щита ОЩВ – 12, автомат на вводе АЕ2046, на отходящих линиях АЕ – 1031 – 11, 7 штук.

А	В	С	А
---	---	---	---

Рассчитываем моменты нагрузок :

$$M_A = 1500 \cdot ((12,7 + 10) + (47 + 10 + 20)) = 149550 \text{ Вт м};$$

$$M_B = 1500 \cdot (32,7 + 10) = 64050 \text{ Вт м};$$

$$M_C = 1500 \cdot (47 + 10) = 85500 \text{ Вт м}.$$

Нагрузка на фазе А получилась больше, но из-за малого количества ламп распределить нагрузку по фазам не представляется возможным.

Расчётный ток для наиболее загруженной фазы:

$$P_{po} = 0,95 \cdot 1,1 \cdot (2 \cdot 1500) = 3135 \text{ Вт};$$

$$I_{po1} = \frac{3,135}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 1} = 4,76 \text{ А}.$$

Принимаем сечение кабеля 4 мм^2 .

Расчётный ток на других проводах такой же либо меньше, поэтому для остальных также выбираем кабель марки АВВГ сечением 4 мм^2 .

Рассчитываем потери напряжения для самой удалённой лампы, для этого в формулу подставляем момент самой большой нагрузки:

$$\Delta U_C = \frac{M_C}{s_1 \cdot K_c} = \frac{150}{4 \cdot 72} = 0,52 \text{ \%}.$$

Потери напряжения не превышают допустимые.

3.3. Осветительная нагрузка цехов

Определим осветительную нагрузку методом удельной нагрузки на единицу площади освещаемой территории.

Эта нагрузка определяется по удельной мощности освещения, по выражению:

$$P_o = F \cdot \delta \cdot K_{co} \cdot 10^{-3};$$

$$Q_o = P_o \cdot \text{tg} \varphi,$$

где F – освещаемая площадь, m^2 ; δ - удельная плотность осветительной нагрузки, $Вт/m^2$; K_{co} - коэффициент спроса осветительной нагрузки; $tg\varphi$ - коэффициент мощности осветительной нагрузки.

Для освещения цехов завода будем использовать лампы ДРЛ, с коэффициентом мощности $\cos\varphi=0,57$ и $tg\varphi=1,44$.

Расчет освещения для цеха №1:

$$P_o = F \cdot \delta \cdot K_{co} \cdot 10^{-3} = 42 \cdot 18 \cdot 16 \cdot 0,95 \cdot 10^{-3} = 11,49 \text{ кВт.}$$

$$Q_o = P_o \cdot tg\varphi = 11,49 \cdot 1,44 = 16,55 \text{ кВар.}$$

Для остальных цехов расчет аналогичен. Сведем расчет в таблицу 3.5.1.

Таблица 3.5.1

Наименование потребителя	F, m^2	Kco	δ , $Вт/m^2$	$\cos\varphi$	$tg\varphi$	Po, кВт	Qo, кВт
1.Цех литья под давлением	756	0,95	16,00	0,57	1,44	11,49	16,56
2.Цех изготовления обмоток	450	0,95	16,00	0,57	1,44	6,84	9,86
3.Цех заготовительно-штамповочный	1512	0,95	18,00	0,57	1,44	25,86	37,27
4.Цех механической обработки	1080	0,95	18,00	0,57	1,44	18,47	26,62
5. Склад	1080	0,60	18,00	0,57	1,44	11,66	16,81
6. Блок вспомогательных цехов	1800	0,80	20,00	0,57	1,44	28,80	41,51
7. Склад металла	1080	0,60	18,00	0,57	1,44	11,66	16,81
8. Административный корпус	756	0,80	16,00	0,57	1,44	9,68	13,95
9. Столовая	225	0,80	16,00	0,57	1,44	2,88	4,15
10. Сварочно-заготовительный цех	2025	0,95	20,00	0,57	1,44	38,48	55,46
11.Механосборочный цех	1800	0,95	20,00	0,57	1,44	34,20	49,30
12.Транспортный цех	2700	0,60	20,00	0,57	1,44	32,40	46,70
ИТОГО на НН ГПП	15264					232,41	335,02

РАЗДЕЛ 4

ВЫБОР СХЕМЫ ВНЕШНЕГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ

(номинального напряжения линии связи, сечения проводников, номинальной мощности трансформаторов ГПП).

Определение желаемого напряжения ЛЭП:

Выбор производится по формуле Илларионова

$$U_{ном} = \frac{1000}{\sqrt{500/l + 2500/P}},$$

где : L – длина линии (км) L = 11 км; P – активная мощность в МВт;

$$U_{ном} = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{11} + \frac{2500}{6643/1000}}} = 48,7 \text{ кВ.}$$

Выбираем номинальное напряжение 110 кВ.

4.1. Расчет нагрузки на шинах низкого напряжения ГПП

При суммировании расчетных нагрузок нескольких цехов или всего предприятия необходимо вводить коэффициент разновременности максимумов нагрузки, тогда суммарная расчетная активная, реактивная и полная нагрузки предприятия, отнесенные к шинам 6-10 кВ ГПП или ГРП будут:

$$P_{M\Sigma} = (\sum P_{MH} + \sum P_{MB}) \cdot k_{PM} + \Delta P_T + \Delta P_L + P_{OCB};$$

$$Q_{M\Sigma} = (\sum Q_{MH} + \sum Q_{MB}) \cdot k_{PM} + \Delta Q_T + Q_{OCB} - Q_{KV}$$

где P_{OCB} и Q_{OCB} из п. 2.3; k_{PM} - коэффициент разновременности максимумов нагрузки отдельных групп электроприемников, принимаемый в пределах 0,9-0,95;

$$P_{M\Sigma} = (6262) \cdot 0,95 + 209,85 + 251,82 + 335,02 = 6643 \text{ кВт.}$$

Реактивная мощность системы с напряжением 110 кВ, которую может дать источник питания: $Q_C = \alpha \cdot P_{M\Sigma} = 0,29 \cdot 6643 = 1926,5 \text{ кВАр}$, где $\alpha = 0,29$ (для Украины).

$$Q_{KV} = (\sum Q_{MH} + \sum Q_{MB}) \cdot k_{PM} + \Delta Q_T + Q_{OCB} - Q_C,$$

где $Q_{ку}$ – мощность компенсирующих устройств, подлежащих установки на предприятии.

$$Q_{ку} = 547,67 \cdot 0,95 + 839,41 + 335,02 - 192,65 = 4348,6 \text{ кВар.}$$

Так как система не обеспечивает потребности в реактивной мощности предприятия, то произведем компенсацию реактивной мощности.

Принимаем к установке УК-10-900-ЛУЗ в количестве 5 штук, суммарной мощностью 4500 кВар.

Компенсирующие устройства будем устанавливать на НН ГПП.

$$Q_{МΣ} = 547,67 \cdot 0,95 + 839,41 + 335,02 - 4500 = 1878,22 \text{ кВар.}$$

$$S_{МΣ} = \sqrt{P_{МΣ}^2 + Q_{МΣ}^2} = \sqrt{6643^2 + 1878,22^2} = 6903,404 \text{ кВА.}$$

Расчетная мощность предприятия со стороны высшего напряжения трансформаторов ГПП определяется с учетом потерь мощности в трансформаторах ГПП.

$$\Delta Q_{Т.ГПП} = 0,1 \cdot S_{МΣ} = 690,34 \text{ кВар;}$$

$$\Delta P_{Т.ГПП} = 0,02 \cdot S_{МΣ} = 138,1 \text{ кВт;}$$

$$S_{МГПП} = \sqrt{(P_{МΣ} + \Delta P_{ТГПП})^2 + (Q_{МΣ} + \Delta Q_{ТГПП})^2};$$

$$S_{МГПП} = \sqrt{(6643 + 138,1)^2 + (1878,22 + 690,34)^2} = 7251,2 \text{ кВА.}$$

4.2. Выбор источников питания до ГПП

Ток линии равен:

$$\text{В рабочем режиме: } I_M = \frac{S_M}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{7251,2}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 110} = 19,03 \text{ А.}$$

$$\text{В послеаварийном: } I_{М.па} = \frac{S_M}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{7251,2}{\sqrt{3} \cdot 110} = 38,06 \text{ А.}$$

По справочнику определяем для данной отрасли промышленности $T_M = 4500$ час. Для алюминиевых не изолированных проводов по ПУЭ экономическая плотность тока равна $1,1 \text{ А/мм}^2$.

Сечение ЛЭП соответствующее экономической плотности тока выбирается по режиму максимальных нагрузок:

$$S_{ЭК} = \frac{I_M}{j_{ЭК}} = 17,3 \text{ мм}^2.$$

Ближайшее стандартное сечение 70 мм².

Проверяем по допустимому току нагрева, для алюминиевого провода АС-70 допустимый длительный ток нагрузки равен 265 А.

Фактический длительный ток нагрева в послеаварийном режиме равен 38,06А, следовательно выбранное сечение подходит.

4.3. Выбор трансформаторов на ГПП

Выбор трансформаторов ГПП производим по средней мощности за наиболее нагруженную смену. На данной стадии проектирования можно допустить, что потери в трансформаторах и линиях одинаковы для максимальных и средних нагрузок.

Далее расчет производится аналогично режиму максимальных нагрузок.

$$P_{см на нн гпт} = P_{см на вн цех тп} + P_{м вн} + \Delta P_{смл} = 5832,97 \text{ кВт};$$

$$Q_{см на нн гпт} = Q_{м вн} + Q_{см на вн цех тп} = 1280,78 \text{ кВар};$$

$$S_{см на нн гпт} = 5971,93 \text{ кВА}.$$

Мощность трансформатора ГПП равна:

$$S_{номтр} = \frac{S_{см}}{2 \cdot 0,7} = \frac{5971,93}{2 \cdot 0,7} = 4265,67 \text{ кВА}.$$

Исходя из этого по справочнику выбираем трансформатор ТДН-6300/110

Исходные данные представим в виде таблицы 3.2.1.

Таблица 3.2.1

Тип	Номинальная мощность, кВА	Сочетание напряжений, кВ			Потери, кВт		Напряжение КЗ, %			Ток XX, %
		ВН	СН	НН	XX	КЗ	ВН-СН	ВН-НН	СН-НН	
ТДН-6300/110	6300	115		11	10	44		10,5		1

РАЗДЕЛ 5
ПРОЕКТИРОВАНИЕ СХЕМЫ ВНУТРЕННЕГО
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ

5.1. Определение центра электрических нагрузок предприятия и выбор места установки ГПП

В целях экономии металла и электроэнергии важно, чтобы трансформаторные и преобразовательные подстанции всех мощностей и напряжений (110 кВ) располагались, возможно, ближе к центру питаемых ими групп нагрузок. Распределительные подстанции (РП) без преобразования электроэнергии, наоборот, выгоднее смещать на границу питаемого ими участков сети, чтобы не было обратных потоков энергии. Существенное влияние на выбор типа и размещение подстанций оказывают эксплуатационные, производственные и архитектурно-строительные требования. Необходимо также учитывать конфигурацию производственных помещений, расположение технологического оборудования, условия окружающей среды, в частности, преимущественное направление ветра, требования пожаро и электробезопасности, а также тип применяемого оборудования.

Сведем расчетные координаты по предприятию в таблицу 5.1.1.

$$x_0 = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot x_i}{\sum_{i=1}^n P_i} ; y_0 = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot y_i}{\sum_{i=1}^n P_i} ,$$

где P_i -мощность i -го цеха, X_i и Y_i - его координаты (оси ординат можно наносить на план цеха или завода произвольно).

Таблица 5.1.1

№цеха	X	Y	P _м	Q _м	P _м *X	Q _м *Y	P _м *Y	Q _м *X
1	121	134	1575	976,10	190575	130797,04	211050	118107,78
2	157	133	675	688,64	105975	91588,82	89775	108116,13
3	121	77	355	266,25	42955	20501,25	27335	32216,25
4	160	80	342	348,91	54720	27912,783	27360	55825,566
5	15	92	300	225,00	4500	20700	27600	3375
6	205	185	517,5	527,96	106087,5	97671,786	95737,5	108230,9
7	15	18	275	206,25	4125	3712,5	4950	3093,75
8	65	190	175	108,46	11375	20606,499	33250	7049,5918
9	112	192	180	87,18	20160	16738,172	34560	9763,9336
10	237	62	797,5	1063,33	189007,5	65926,667	49445	252010
11	155	15	810	714,35	125550	10715,293	12150	110724,69
12	23	140	260	265,25	5980	37135,428	36400	6100,8203
			5192	4498,07	861010	544006,24	649612,5	814614,41
					X _а	Y _а	X _р	Y _р
					165,83	125,12	181,10	120,94

Выбор расположения ГПП на предприятии на рис. 5.1.1

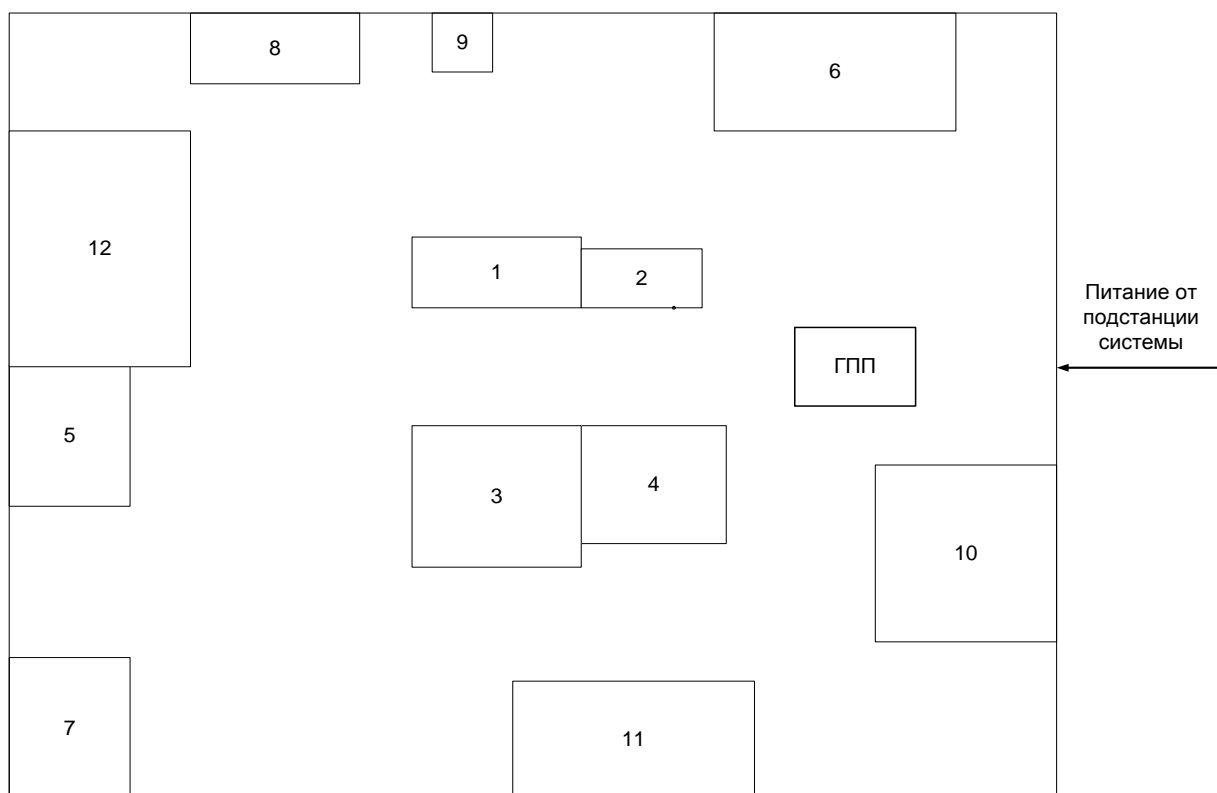


Рис. 5.1.1

5.2. Построение картограммы нагрузок предприятия

Для наглядного представления распределения нагрузок по территории завода и выбора мощности и типа ТП и РП, применяется картограмма нагрузок, которая представляет собой размещенные на генплане предприятия окружности, причем площади ограниченные этими окружностями, в выбранном масштабе равны расчетным нагрузкам цехов. Для каждого цеха наносится своя окружность, центр которой совпадает с центром нагрузок цеха, радиус окружности определяется из выражения:

$$r_i = \sqrt{P_{mi} / \pi \cdot m},$$

где P_{mi} - расчетная нагрузка i -го цеха; m – масштаб для определения площади круга (постоянный для всех цехов предприятия).

Результаты вычислений сведем в таблицу 5.2.1 и 5.2.2.

Средняя полная мощность за максимально загруженную смену с учетом освещения из п. 3, будет равна: $S_{cp} + S_{м.о.}$

Таблица 5.2.1

Средняя и максимальная полная мощность цехов

№ цеха	$P_{см}$, кВт	$Q_{см}$, кВАр	$S_{см}$, кВА	$P_{м}$, кВт	$Q_{м}$, кВАр	$S_{м}$, кВА
1	1365,00	845,95	1605,88	1575,00	976,10	1852,94
2	540,00	550,91	771,43	675,00	688,64	964,29
3	284,00	213,00	355,00	355,00	266,25	443,75
4	266,00	271,37	380,00	342,00	348,91	488,57
5	240,00	180,00	300,00	300,00	225,00	375,00
6	402,50	410,63	575,00	517,50	527,96	739,29
7	220,00	165,00	275,00	275,00	206,25	343,75
8	140,00	86,76	164,71	175,00	108,46	205,88
9	150,00	72,65	166,67	180,00	87,18	200,00
10	652,50	870,00	1087,50	797,50	1063,33	1329,17
11	630,00	555,61	840,00	810,00	714,35	1080,00
12	195,00	198,94	278,57	260,00	265,25	371,43

Таблица 5.2.2

№ цеха	S_{cp} , кВА	m	r , мм
--------	----------------	-----	----------

1	1626,04	2	16,1
2	783,43	2	11,2
3	400,36	2	8,0
4	412,40	2	8,1
5	320,46	2	7,1
6	625,53	2	10,0
7	295,46	2	6,9
8	181,68	2	5,4
9	171,72	2	5,2
10	1155,00	2	13,6
11	900,00	2	12,0
12	335,41	2	7,3

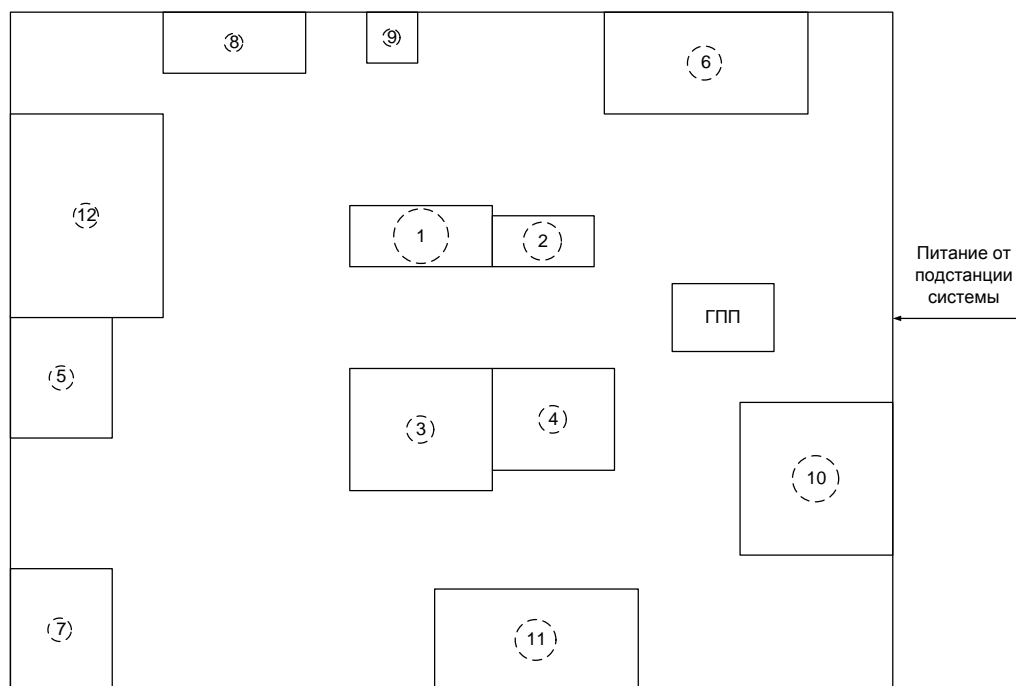


Рис. 5.2.1. Картограмма нагрузок предприятия

5.3. Расчет номинальной мощности и количества цеховых трансформаторных подстанций (ЦТП) с учетом компенсации реактивной мощности на низкой стороне цеховых трансформаторов

Трансформаторные подстанции должны размещаться как можно ближе к центру электрических нагрузок. Для этого должны применяться внутрицеховые ТП, а также встроенные в здание цеха или пристроенные к нему ТП, питающие отдельные цеха или части их.

ТП должны размещаться вне цеха только при невозможности размещения внутри его или при расположении части нагрузок вне цеха.

Применение внешних отдельно стоящих цеховых ТП целесообразно:

- при питании от одной ТП нескольких цехов;
- при наличии в цехах взрывоопасных производств;
- при невозможности расположения ТП внутри цеха по соображениям

производственного характера.

Однотрансформаторные цеховые ТП применяются при ЭП, допускающих перерыв в электроснабжении на время доставки «складского» резерва, или при резервировании, осуществляемом по переключкам на вторичном напряжении.

Для выбора мощности цеховых трансформаторов на предприятии определим мощность одного трансформатора и с учетом этой мощности будем вести дальнейшие расчеты.

Рассчитываем плотность нагрузки на предприятии:

$$G = \frac{S_{см}}{S},$$

где $S_{см}$ – полная мощность; S – площадь всех цехов предприятия
 $G = \frac{5971,93}{52000} = 0,12 \text{ кВА} / \text{м}^2$.

Так как $G = 0,12 \text{ кВА} / \text{м}^2$, то целесообразно выбрать на предприятии трансформаторы мощностью 1000 кВА.

Находим минимальное число трансформаторов на предприятии:

$$N_{\min} = \frac{P_m}{\beta_T \cdot S_{н.тр}},$$

где P_m – расчетная активная мощность технологически связанных нагрузок (обычно принимается среднее $P_{см}$ за наиболее загруженную смену), МВт; β_T – рекомендуемый коэффициент загрузки трансформатора; $S_{н.тр}$ – номинальная мощность одного трансформатора, МВА.

$$N_{\min} = \frac{5832,97}{0,7 \cdot 1000} = 5,33.$$

Округлив число трансформаторов до целого большего числа, определим фактический коэффициент загрузки, который по ГОСТу должен быть не выше 0,93.

$$\beta = P_{рн} / (N \cdot S_{н.тр}) \leq 0,93; \beta = 5971,93 / (6 \cdot 1000) = 0,622 \leq 0,7.$$

Наибольшая реактивная мощность, которая может быть передана из сети высокого напряжения на низкое без превышения β :

$$Q_{BH} = \sqrt{(N \cdot \beta \cdot S_{HTP})^2 - (P_{PH})^2}.$$

В сети низкого напряжения необходимо дополнительно обеспечить выработку реактивной мощности за счет конденсаторных батарей в количестве:

$$Q_{KV} = Q_{PH} - Q_{BH}.$$

В первом варианте внутрицехового электроснабжения применяем четыре по 1600 кВА.

Во втором варианте применяем три по 1600 кВА и 2 по 1000 кВА

5.4. Разработка вариантов схем канализации электроэнергии на предприятии

Составим два варианта внутризаводского электроснабжения.

Представим в виде таблицы 5.4.1. и 5.4.2.

Таблица 5.4.1

Вариант №1

№ КТП	№ цеха	ТИП	Сном. тр.	Scм	Sp.о	ScмIII	Sp.тр.	Кз
1	1	TM1600/10	1600	1767,84	20,2	1788,00	1277,15	1,10
2	3,4,5,7,12	TM 1600/10	1600	1758,89	175,53	1934,42	1381,73	1,10
3	2,6,8,9	TM 1600/10	1600	1858,82	84,56	1943,38	1388,13	1,16
4	10,11	TM 1600/10	1600	2041,29	127,50	2168,79	1549,14	1,28

Таблица 5.4.2

Вариант №2

№ КТП	№ цеха	ТИП	Сном. тр.	Scм	Sp.о	ScмIII	Sp.тр.	Кз
1	1	TM 1600/10	1600	1767,84	20,16	1788,00	1277,145	1,10
2	2,3,4	TM 1600/10	1600	1670,75	89,76	1760,51	1257,508	1,04
3	11,7	TM 1000/10	1000	1234,65	80,46	1315,11	939,3675	1,23
4	10	TM 1000/10	1000	1210,51	67,50	1278,01	912,8661	1,21
5	5,6,8,9,12	TM 1600/10	1600	1643,08	149,86	1792,95	1280,676	1,03

Наибольшая реактивная мощность Q_1 , которая может быть передана в сеть напряжением до 1 кВ из сети 6-10 кВ:

Рассмотрим на примере подстанцию №1. Здесь P_m – это средняя активная мощность за максимально загруженную смену для цехов, которые питают два трансформаторов по 1600 кВА.

$$P_{m1600} = 1461,8 \text{ кВт}.$$

$$Q_{BH1600} = \sqrt{(2 \cdot 0,7 \cdot 1600)^2 - 1461,8^2} = 1697,27 \text{ кВАр};$$

$$Q_{KV} = Q_{PH} - Q_{BH1600},$$

где Q_{PH} – суммарная реактивная нагрузка на электроприемников до 1 кВ.

$$Q_{PH} = 1023,1 \text{ кВАр}; \quad Q_{KV} = 1023,1 - 1697,27 = -674,17 \text{ кВАр}.$$

Следовательно компенсация реактивной мощности не требуется.

Расчеты для других подстанций будем производить аналогично и результаты сведем в таблицу 5.4.3 для двух вариантов схем.

Таблица 5.4.3

Вариант №1						
№ КТП	Кз	Сном.тр.	P_m	Q_{BH}	Q_{PH}	Q_{KV}
1	0,7	1600	1464,81	1694,673	1023,10	-671,57
2	0,7	1600	1392,42	1754,639	1331,39	-423,25
3	0,7	1600	1372,98	1769,898	1358,21	-411,69
4	0,7	1600	1361,10	1779,047	1723,12	-55,93
Вариант №2						
№ КТП	Кз	Сном.тр.	P_m	Q_{BH}	Q_{PH}	Q_{KV}
1	0,7	1600	1464,81	1694,673	1023,10	-671,57
2	0,7	1600	1224,02	1876,002	1259,68	-616,32
3	0,7	1000	957,19	1021,66	898,22	-123,44
4	0,7	1000	750,79	1181,659	1034,21	-147,45
5	0,7	1600	1294,59	1828,012	1220,61	-607,40

Так как значения Q_{KV} получились отрицательными то установка конденсаторных батарей не требуется.

Найдем центры электрической нагрузки для каждой подстанции (табл. 5.4.4, 5.4.5).

Подстанции будем располагать как можно ближе к центру электрических нагрузок (рис. 5.4.1, 5.4.2).

Таблица 5.4.4

Вариант №1								
Группы								
КТП №1	X	Y	P_m	Q_m	P^*X	Q^*Y	P_m^*Y	Q_m^*X
1	121	134	1575	976,09733	190575	130797,04	211050	118107,78

сумма			1575	976,09733	190575	130797,04	211050	118107,78
					Xa	Ya	Xp	Yp
					121	134	121	134
КТП №2	X	Y	P _M	Q _M	P*X	Q*Y	P _M *Y	Q _M *X
3	121	77	355	266,25	42955	20501,25	27335	32216,25
4	160	80	342	348,91	54720	27912,78	27360	55825,566
5	15	92	300	225,00	4500	20700,00	27600	3375
7	15	18	275	206,25	4125	3712,50	4950	3093,75
12	121	134	1575	976,10	190575	130797,04	211050	118107,78
сумма			2847	2022,51	296875	203623,58	298295	212618,34
					Xa	Ya	Xp	Yp
					104,28	104,78	105,13	100,68
КТП №3	X	Y	P _M	Q _M	P*X	Q*Y	P _M *Y	Q _M *X
2	157	133	675	688,64	105975	91588,82	89775	108116,13
6	205	185	517,5	527,96	106087,5	97671,79	95737,5	108230,90
8	65	190	175	108,46	11375	20606,50	33250	7049,59
9	112	192	180	87,18	20160	16738,17	34560	9763,93
сумма			1547,5	1412,23	243597,5	226605,28	253322,5	233160,55
					Xa	Ya	Xp	Yp
					157,41	163,70	165,10	160,46
КТП №4	X	Y	P _M	Q _M	P*X	Q*Y	P _M *Y	Q _M *X
10	237	62	797,5	1063,33	189007,5	65926,67	49445	252010
11	155	15	810	714,35	125550	10715,29	12150	110724,69
сумма			1607,5	1777,69	314557,5	76641,96	61595	362734,69
					Xa	Ya	Xp	Yp
					195,68	38,32	204,05	43,11

Таблица 5.4.5

Вариант №2								
группы								
КТП №1	X	Y	P _M	Q _M	P*X	Q*Y	P _M *Y	Q _M *X
1	121	134	1575	976,10	190575	130797,04	211050	118107,78
Сумма			1575	976,10	190575	130797,04	211050	118107,78
					Xa	Ya	Xp	Yp
					121	134	121	134
кпп №2	X	Y	P _M	Q _M	P*X	Q*Y	P _M *Y	Q _M *X
2	157	133	675	688,64	105975	91588,82	89775	108116,13
3	121	77	355	266,25	42955	20501,25	27335	32216,25
4	160	80	342	348,91	54720	27912,78	27360	55825,57
сумма			1372	1303,80	203650	140002,85	144470	196157,94
					Xa	Ya	Xp	Yp
					148,43	105,30	150,45	107,38
кпп №3	X	Y	P _M	Q _M	P*X	Q*Y	P _M *Y	Q _M *X
7	15	18	275	206,25	4125	3712,50	4950	3093,75
11	155	15	810	714,35	125550	10715,29	12150	110724,69
сумма			1085	920,60	129675	14427,79	17100	113818,44
					Xa	Ya	Xp	Yp
					119,52	15,76	123,63	15,67
кпп №4	X	Y	P _M	Q _M	P*X	Q*Y	P _M *Y	Q _M *X
10	237	62	797,5	1063,33	189007,5	65926,67	49445	252010
сумма			797,5	1063,33	189007,5	65926,67	49445	252010
					Xa	Ya	Xp	Yp
					237,00	62,00	237,00	62,00
Кпп №5	X	Y	P _M	Q _M	P*X	Q*Y	P _M *Y	Q _M *X
5	15	92	300	225,00	4500	20700,00	27600	3375,00
6	205	185	517,5	527,96	106087,5	97671,79	95737,5	108230,90
8	65	190	175	108,46	11375	20606,50	33250	7049,59
9	112	192	180	87,18	20160	16738,17	34560	9763,93
12	23	140	260	265,25	5980	37135,43	36400	6100,82
сумма			1432,5	1213,84	148102,5	192851,89	227547,5	134520,24
					Xa	Ya	Xp	Yp
					103,39	158,85	110,82	158,88

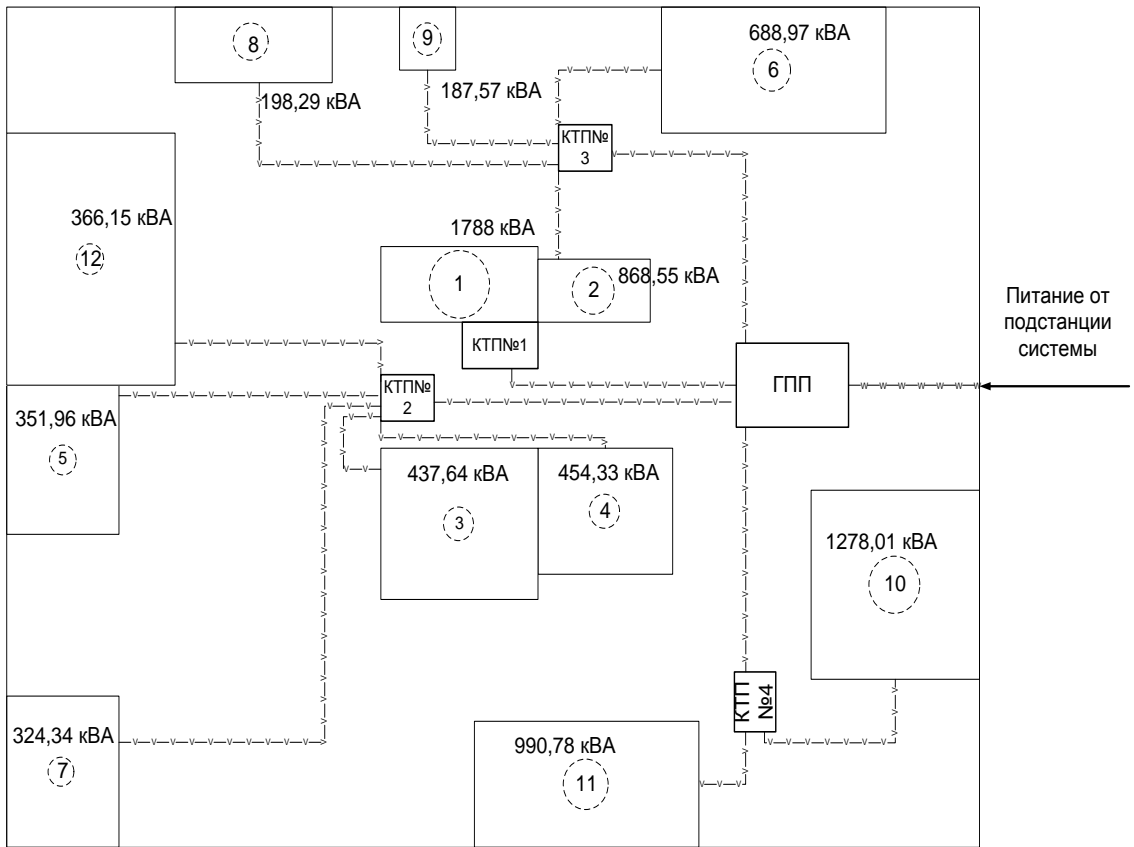


Рис. 5.4.1. Первый вариант

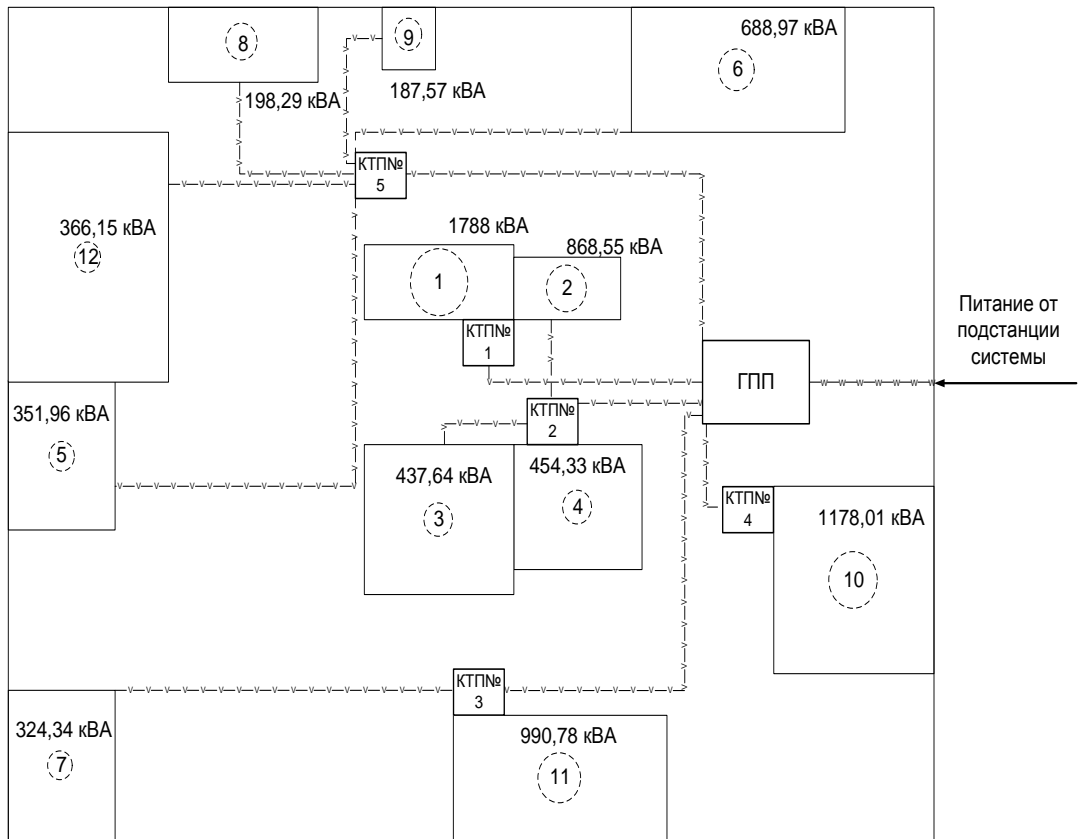


Рис. 5.4.2. Второй вариант

5.5. Выбор параметров кабелей ВН для вариантов схем

Питание цеховых трансформаторных подстанций будем осуществлять при помощи кабельных линий выполненных кабелем АСБ различных сечений в зависимости от нагрузок подстанций.

Определим расчетный ток кабельной линии питающей КТП 1:

$$I_{\text{раб}} = \frac{S_{\text{МIII}} \cdot K_{\text{з.т.}}}{\sqrt{3} \cdot U}, \text{ где } S_{\text{МIII}} - \text{расчетная нагрузка третьего уровня,}$$

$S_{\text{МIII}} = \sqrt{P_{\text{М}}^2 + Q_{\text{М}}^2}$, где $P_{\text{М}}$ и $Q_{\text{М}}$ – максимальная активная и реактивная мощность.

КТП 1 питает 9 и 10 цеха, а значит максимальная мощность, приходящаяся на КТП 1, вычисляется следующим образом:

$$S_{\text{МIIIКТП1}} = S_{\text{М9}} + S_{\text{М10}} = 202,7 + 1239,7 = 1442,4 \text{ кВА.}$$

Нагрузка четвертого уровня на стороне высокого напряжения определяется по формуле: $S_{\text{МIVкмп1}} = S_{\text{МIIIкмп1}} + \Delta S_{\text{мп}}$, где $\Delta S_{\text{мп}}$ – потери мощности в трансформаторе, кВА.

$\Delta S_{\text{мп}} = \sqrt{(\Delta P_{\text{мп}})^2 + (\Delta Q_{\text{мп}})^2}$, где $\Delta P_{\text{мп}}$ и $\Delta Q_{\text{мп}}$ – потери активной и реактивной мощности в трансформаторе.

$$\Delta P_{\text{мп}} = \frac{\Delta P_{\text{k}}}{n} \cdot \frac{S^2}{S_{\text{НОМ}}^2} + n \Delta P_{\text{x}};$$

$$\Delta Q_{\text{мп}} = \frac{1}{n} \cdot \frac{u_{\text{k}} \%}{100} \cdot \frac{S^2}{S_{\text{НОМ}}} + \frac{n \cdot I_{\text{x}} \% \cdot S_{\text{НОМ}}}{100}$$

Таблица 5.5.1

Параметры трансформаторов

Трансформатор	ΔP_{x}	ΔP_{k}	$U_{\text{k}}, \%$	$I_{\text{x}}, \%$	$P, \text{ кВт}$
ТМ-1600/10	4,5	16,5	5,5	1,3	1600
ТМ-1000	2,1	6	5,5	1,4	1000

$$\Delta P_{\text{трКТП1}} = \frac{16,5}{2} \cdot \frac{1788^2}{1600^2} + 2 \cdot 4,5 = 19,3 \text{ кВА;}$$

$$\Delta Q_{\text{трКТП1}} = \frac{1}{2} \cdot \frac{5,5}{100} \cdot \frac{1788^2}{1600} + \frac{2 \cdot 1,3 \cdot 1600}{100} = 96,55 \text{ кВА;}$$

$$\Delta S_{\text{трКТП}} = \sqrt{19,3^2 + 96,55^2} = 98,46 \text{ кВА};$$

$$S_{\text{мвкТП}} = 1788 + 98,46 = 1886,46 \text{ кВА};$$

$$I_{\text{раб}} = \frac{S_{\text{м}}}{n \cdot \sqrt{3} \cdot U},$$

где U – номинальное напряжение $U = 10 \text{ кВ}$; n – количество трансформаторов.

$$I_{\text{раб1}} = \frac{1886,46}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 54,46 \text{ А}.$$

Аналогично производим расчет для других КТП, а результат сводим в таблицу 5.5.2 для варианта 1, и в таблицу 5.5.3 для варианта 2.

Таблица 5.5.2

Первый вариант

№ КТП	Сном. тр.	$\Delta P_{\text{тр}}$, кВт	$\Delta Q_{\text{тр}}$, кВАр	$\Delta S_{\text{тр}}$, кВт	SpIII, кВА	SpIV, кВА	IpIV, А	n
1	1600	19,30	96,55	98,46	1788,0	1886,46	54,46	2
2	1600	21,06	105,92	107,99	1934,4	2042,40	58,96	2
3	1600	21,17	106,51	108,60	1943,4	2051,98	59,24	2
4	1600	24,16	122,44	124,80	2168,8	2293,59	66,21	2

Таблица 5.5.3

Второй вариант

№ КТП	Сном. тр.	$\Delta P_{\text{тр}}$, кВт	$\Delta Q_{\text{тр}}$, кВАр	$\Delta S_{\text{тр}}$, кВт	SpIII, кВА	SpIV, кВА	IpIV, А	n
1	1600	19,30	96,55	98,46	1788,00	1886,46	54,46	2
2	1600	18,99	94,87	96,75	1760,51	1857,26	53,61	2
3	1000	9,39	75,56	76,14	1315,11	1391,26	40,16	2
4	1000	9,10	72,92	73,48	1278,01	1351,49	39,01	2
5	1600	19,36	96,85	98,77	1792,95	1891,71	54,61	2

Выбор кабельной линии будем осуществлять по максимальному току нагрева. Для кабелей с бумажной изоляцией в аварийном режиме загрузка равная 1,3 от номинальной допустима в течении 5 часов, до устранения неисправности. Все результаты сведем в таблицы.

Потери напряжения в кабельной линии можно вычислить, используя формулу:

$$\Delta U = \sqrt{3} I_p l (r_{y0} \cos \varphi + x_{y0} \sin \varphi).$$

Потери активной и реактивной мощности можно определить по формулам:

$$\Delta P = I_p^2 \cdot r_{y\delta} \cdot l;$$

$$\Delta Q = I_p^2 \cdot x_{y\delta} \cdot l.$$

Для двух параллельных кабелей:

$$\Delta P = 2 \cdot I_p^2 \cdot r_{y\delta} \cdot l;$$

$$\Delta Q = 2 \cdot I_p^2 \cdot x_{y\delta} \cdot l.$$

$$\cos(\varphi) = \cos(\arctg(P_m / Q_m)).$$

Таблица 5.5.4

№ п/п	Uн, В	L, км	Sm, кВА	Iраб, А	Iмаx.р	F, мм ²	Тип кабеля
1	2	3	4	5	6	7	8
Первый вариант							
КТП1	10	0,064	1886,46	54,46	108,91	50	2хАСБ(3х50)
КТП2	10	0,081	2042,40	58,96	117,92	50	2хАСБ(3х50)
КТП3	10	0,058	2051,98	59,24	118,47	50	2хАСБ(3х50)
КТП4	10	0,081	2293,59	66,21	132,42	70	2хАСБ(3х70)
Второй вариант							
КТП1	10	0,064	1886,46	54,46	108,91	50	2хАСБ(3х50)
КТП2	10	0,035	1857,26	53,61	107,23	50	2хАСБ(3х50)
КТП3	10	0,122	1391,26	40,16	80,324	25	2хАСБ(3х25)
КТП4	10	0,023	1351,49	39,01	78,029	25	2хАСБ(3х25)
КТП5	10	0,19	1891,71	54,61	109,22	50	2хАСБ(3х50)
Выбор кабелей от КТП до цехов							
Первый вариант							
1	2	3	4	5	6	7	8
до цеха №1	0,38	0,011	1852,94	2815,25	234,6	185	12хАВВГ(4х185)
до цеха №2	0,38	0,026	964,29	1465,08	244,18	150	6хАВВГ(4х150)
до цеха №3	0,38	0,036	443,75	674,208	224,74	120	3хАВВГ(4х120)
до цеха №4	0,38	0,072	488,57	742,307	185,58	95	4хАВВГ(4х95)
до цеха №5	0,38	0,07	375,00	569,754	284,88	185	2хАВВГ(4х185)
до цеха №6	0,38	0,047	739,29	1123,23	280,81	185	4хАВВГ(4х185)
до цеха №7	0,38	0,15	343,75	522,274	261,14	120	2хАВВГ(4х120)
до цеха №8	0,38	0,1	205,88	312,806	312,81	185	АВВГ(4х185)
до цеха №9	0,38	0,053	200,00	303,869	303,87	120	АВВГ(4х120)
до цеха №10	0,38	0,051	1329,17	2019,46	252,43	120	6хАВВГ(4х120)
до цеха №11	0,38	0,025	1080,00	1640,89	273,48	185	6хАВВГ(4х185)
до цеха №12	0,38	0,071	371,43	564,327	282,16	185	2хАВВГ(4х185)
Второй вариант							
1	2	3	4	5	6	7	8
до цеха №1	0,38	0,011	1852,94	2815,25	234,6	185	12хАВВГ(4х185)
до цеха №2	0,38	0,02	964,29	1465,08	244,18	150	6хАВВГ(4х150)
до цеха №3	0,38	0,028	443,75	674,208	224,74	120	3хАВВГ(4х120)
до цеха №4	0,38	0,011	488,57	742,307	185,58	95	4хАВВГ(4х95)
до цеха №5	0,38	0,138	375,00	569,754	284,88	185	2хАВВГ(4х185)
до цеха №6	0,38	0,088	739,29	1123,23	280,81	185	4хАВВГ(4х185)
до цеха №7	0,38	0,095	343,75	522,274	261,14	120	2хАВВГ(4х120)
до цеха №8	0,38	0,055	205,88	312,806	312,81	185	АВВГ(4х185)
до цеха №9	0,38	0,045	200,00	303,869	303,87	120	АВВГ(4х120)
до цеха №10	0,38	0,011	1329,17	2019,46	252,43	120	6хАВВГ(4х120)
до цеха №11	0,38	0,011	1080,00	1640,89	273,48	185	6хАВВГ(4х185)
до цеха №12	0,38	0,052	371,43	564,327	282,16	185	2хАВВГ(4х185)

Таблица 5.5.5

Проверка на нагрев

№ п/п	$I_{\max, p}$, А	F, мм ²	Поправочный коэф-т	Кол-во кабелей	Расстояние в свету, м	Доп. токовая нагрузка, А	Идоп, А	Марка кабеля	$K_3=I_{\max, p}/I_{доп}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Первый вариант									
КТП1	108,91	50	0,9	2	0,2	140	126	2хАСБ(3х50)	0,86
КТП2	117,92	50	0,9	2	0,2	140	126	2хАСБ(3х50)	0,94
КТП3	118,47	50	0,9	2	0,2	140	126	2хАСБ(3х50)	0,94
КТП4	132,42	70	0,9	2	0,2	165	148,5	2хАСБ(3х70)	0,89
Второй вариант									
КТП1	108,91	50	0,9	2	0,2	140	126	2хАСБ(3х50)	0,86
КТП2	107,23	50	0,9	2	0,2	140	126	2хАСБ(3х50)	0,85
КТП3	80,32	25	0,9	2	0,2	90	81	2хАСБ(3х25)	0,99
КТП4	78,03	25	0,9	2	0,2	90	81	2хАСБ(3х25)	0,96
КТП5	109,22	50	0,9	2	0,2	140	126	2хАСБ(3х50)	0,87
Выбор кабелей от КТП до цехов									
Первый вариант									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
до цеха №1	234,60	185	0,75	12	0,3	345	258,75	12хАВВГ(4х185)	1,10
до цеха №2	244,18	150	0,85	6	0,3	310	263,5	6хАВВГ(4х150)	1,08
до цеха №3	224,74	120	0,9	3	0,3	270	243	3хАВВГ(4х120)	1,08
до цеха №4	185,58	95	0,87	4	0,3	240	208,8	4хАВВГ(4х95)	1,13
до цеха №5	284,88	185	0,9	2	0,1	345	310,5	2хАВВГ(4х185)	1,09
до цеха №6	280,81	185	0,87	4	0,3	345	300,15	4хАВВГ(4х185)	1,07
до цеха №7	261,14	120	0,9	2	0,1	310	279	2хАВВГ(4х120)	1,07
до цеха №8	312,81	185	1	1	-	345	345	АВВГ(4х185)	1,10
до цеха №9	303,87	120	1	1	-	310	310	АВВГ(4х120)	1,02
до цеха №10	252,43	120	0,85	6	0,3	310	263,5	6хАВВГ(4х120)	1,04
до цеха №11	273,48	185	0,85	6	0,3	345	293,25	6хАВВГ(4х185)	1,07
до цеха №12	282,16	185	0,9	2	0,1	345	310,5	2хАВВГ(4х185)	1,10
Второй вариант									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
до цеха №1	234,60	185	0,75	12	0,3	345	258,75	12хАВВГ(4х185)	1,10
до цеха №2	244,18	150	0,85	6	0,3	310	263,5	6хАВВГ(4х150)	1,08
до цеха №3	224,74	120	0,9	3	0,3	270	243	3хАВВГ(4х120)	1,08
до цеха №4	185,58	95	0,87	4	0,3	240	208,8	4хАВВГ(4х95)	1,13
до цеха №5	284,88	185	0,9	2	0,1	345	310,5	2хАВВГ(4х185)	1,09
до цеха №6	280,81	185	0,87	4	0,3	345	300,15	4хАВВГ(4х185)	1,07
до цеха №7	261,14	120	0,9	2	0,1	310	279	2хАВВГ(4х120)	1,07
до цеха №8	312,81	185	1	1	-	345	345	АВВГ(4х185)	1,10
до цеха №9	303,87	120	1	1	-	310	310	АВВГ(4х120)	1,02
до цеха №10	252,43	120	0,85	6	0,3	310	263,5	6хАВВГ(4х120)	1,04
до цеха №11	273,48	185	0,85	6	0,3	345	293,25	6хАВВГ(4х185)	1,07
до цеха №12	282,16	185	0,9	2	0,1	345	310,5	2хАВВГ(4х185)	1,10

Таблица 5.5.6

Потери напряжения

№ п/п	L, км	Тип кабеля	cos (φ)	sin (φ)	Pm, кВт	Qm, кВАр
1	2	3	4	5	6	7
Первый вариант						
КТП1	0,064	2хАСБ(3х50)	0,561	0,828	1605,79	1089,21
КТП2	0,081	2хАСБ(3х50)	0,687	0,727	1653,11	1561,80
КТП3	0,058	2хАСБ(3х50)	0,701	0,713	1616,87	1588,21
КТП4	0,081	2хАСБ(3х70)	0,762	0,648	1704,33	2004,89
Второй вариант						
КТП1	0,064	2хАСБ(3х50)	0,561	0,828	1605,79	1089,21
КТП2	0,035	2хАСБ(3х50)	0,714	0,700	1442,15	1472,42
КТП3	0,122	2хАСБ(3х25)	0,682	0,732	1140,25	1062,28
КТП4	0,023	2хАСБ(3х25)	0,816	0,578	845,07	1191,71
КТП5	0,19	2хАСБ(3х50)	0,682	0,731	1537,28	1433,83
Кабельные линии от КТП до цехов						
Первый вариант						
1	2	3	4	5	6	7
до цеха №1	0,011	12хАВВГ(4х185)	0,527	0,850	1575,00	976,10
до цеха №2	0,026	6хАВВГ(4х150)	0,714	0,700	675,00	688,64
до цеха №3	0,036	3хАВВГ(4х120)	0,600	0,800	355,00	266,25
до цеха №4	0,072	4хАВВГ(4х95)	0,714	0,700	342,00	348,91
до цеха №5	0,07	2хАВВГ(4х185)	0,600	0,800	300,00	225,00
до цеха №6	0,047	4хАВВГ(4х185)	0,714	0,700	517,50	527,96
до цеха №7	0,15	2хАВВГ(4х120)	0,600	0,800	275,00	206,25
до цеха №8	0,1	АВВГ(4х185)	0,527	0,850	175,00	108,46
до цеха №9	0,053	АВВГ(4х120)	0,436	0,900	180,00	87,18
до цеха №10	0,051	6хАВВГ(4х120)	0,800	0,600	797,50	1063,33
до цеха №11	0,025	6хАВВГ(4х185)	0,661	0,750	810,00	714,35
до цеха №12	0,071	2хАВВГ(4х185)	0,714	0,700	260,00	265,25
Второй вариант						
1	2	3	4	5	6	7
до цеха №1	0,011	12хАВВГ(4х185)	0,527	0,850	1575	976,10
до цеха №2	0,02	6хАВВГ(4х150)	0,714	0,700	675	688,64
до цеха №3	0,028	3хАВВГ(4х120)	0,600	0,800	355	266,25
до цеха №4	0,011	4хАВВГ(4х95)	0,714	0,700	342	348,91
до цеха №5	0,138	2хАВВГ(4х185)	0,600	0,800	300	225,00
до цеха №6	0,088	4хАВВГ(4х185)	0,714	0,700	517,5	527,96
до цеха №7	0,095	2хАВВГ(4х120)	0,600	0,800	275	206,25
до цеха №8	0,055	АВВГ(4х185)	0,527	0,850	175	108,46
до цеха №9	0,045	АВВГ(4х120)	0,436	0,900	180	87,18
до цеха №10	0,011	6хАВВГ(4х120)	0,800	0,600	797,5	1063,33
до цеха №11	0,011	6хАВВГ(4х185)	0,661	0,750	810	714,35
до цеха №12	0,052	2хАВВГ(4х185)	0,714	0,700	260	265,25

Таблица 5.5.7

Потери мощности

№ п/п	L, км	Тип кабеля	Ираб, А	гуд, Ом/км	худ, Ом/км	ΔP, кВт	ΔQ, кВт
1	2	3	4	5	6	7	8
Первый вариант							
КТП1	0,064	2хАСБ(3х50)	108,91	0,62	0,09	0,941405	0,137
КТП2	0,081	2хАСБ(3х50)	117,92	0,62	0,09	1,39659	0,203
КТП3	0,058	2хАСБ(3х50)	118,47	0,62	0,09	1,009422	0,147
КТП4	0,081	2хАСБ(3х70)	132,42	0,443	0,086	1,258435	0,244
Второй вариант							
КТП1	0,064	2хАСБ(3х50)	108,91	0,62	0,09	0,941405	0,137
КТП2	0,035	2хАСБ(3х50)	107,23	0,62	0,09	0,499017	0,072
КТП3	0,122	2хАСБ(3х25)	80,32	1,24	0,099	1,952114	0,156
КТП4	0,023	2хАСБ(3х25)	78,03	1,24	0,099	0,347286	0,028
КТП5	0,19	2хАСБ(3х50)	109,22	0,62	0,09	2,810379	0,408
Кабели от КТП к цехам							
Первый вариант							
1	2	3	4	5	6	7	8
до цеха №1	0,011	12хАВВГ(4х185)	234,60	0,167	0,0596	1,213285	0,433
до цеха №2	0,026	6хАВВГ(4х150)	244,18	0,206	0,0596	1,916074	0,554
до цеха №3	0,036	3хАВВГ(4х120)	224,74	0,258	0,0602	1,407308	0,328
до цеха №4	0,072	4хАВВГ(4х95)	185,58	0,326	0,0602	3,233388	0,597
до цеха №5	0,07	2хАВВГ(4х185)	284,88	0,167	0,0596	1,897399	0,677
до цеха №6	0,047	4хАВВГ(4х185)	280,81	0,167	0,0596	2,475657	0,884
до цеха №7	0,15	2хАВВГ(4х120)	261,14	0,258	0,0602	5,278104	1,232
до цеха №8	0,1	АВВГ(4х185)	312,81	0,167	0,0596	1,634053	0,583
до цеха №9	0,053	АВВГ(4х120)	303,87	0,258	0,0602	1,262604	0,295
до цеха №10	0,051	6хАВВГ(4х120)	252,43	0,258	0,0602	5,030737	1,174
до цеха №11	0,025	6хАВВГ(4х185)	273,48	0,167	0,0596	1,873546	0,669
до цеха №12	0,071	2хАВВГ(4х185)	282,16	0,167	0,0596	1,888022	0,674
Второй вариант							
1	2	3	4	5	6	7	8
до цеха №1	0,011	12хАВВГ(4х185)	234,60	0,167	0,0596	1,213285	0,433
до цеха №2	0,02	6хАВВГ(4х150)	244,18	0,206	0,0596	1,473903	0,426
до цеха №3	0,028	3хАВВГ(4х120)	224,74	0,258	0,0602	1,094573	0,255
до цеха №4	0,011	4хАВВГ(4х95)	185,58	0,326	0,0602	0,49399	0,091
до цеха №5	0,138	2хАВВГ(4х185)	284,88	0,167	0,0596	3,740586	1,335
до цеха №6	0,088	4хАВВГ(4х185)	280,81	0,167	0,0596	4,635273	1,654
до цеха №7	0,095	2хАВВГ(4х120)	261,14	0,258	0,0602	3,342799	0,78
до цеха №8	0,055	АВВГ(4х185)	312,81	0,167	0,0596	0,898729	0,321
до цеха №9	0,045	АВВГ(4х120)	303,87	0,258	0,0602	1,072022	0,25
до цеха №10	0,011	6хАВВГ(4х120)	252,43	0,258	0,0602	1,085061	0,253
до цеха №11	0,011	6хАВВГ(4х185)	273,48	0,167	0,0596	0,82436	0,294
до цеха №12	0,052	2хАВВГ(4х185)	282,16	0,167	0,0596	1,382776	0,493

Таблица 5.5.8

Потери напряжения в кабельных линиях

№ п/п	L, км	cos (φ)	sin (φ)	Ираб, А	гуд, Ом/км	худ, Ом/км	ΔU, В	ΔU, %
-------	-------	---------	---------	---------	------------	------------	-------	-------

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Первый вариант								
КТП1	0,064	0,561	0,828	108,91	0,62	0,09	5,10	0,51
КТП2	0,081	0,687	0,727	117,92	0,62	0,09	8,13	0,81
КТП3	0,058	0,701	0,713	118,47	0,62	0,09	5,93	0,59
КТП4	0,081	0,762	0,648	132,42	0,443	0,086	7,31	0,73
Второй вариант								
КТП1	0,064	0,561	0,828	108,91	0,62	0,09	5,10	0,51
КТП2	0,035	0,714	0,700	107,23	0,62	0,09	3,29	0,33
КТП3	0,122	0,682	0,732	80,32	1,24	0,099	15,58	1,56
КТП4	0,023	0,816	0,578	78,03	1,24	0,099	3,32	0,33
КТП5	0,19	0,682	0,731	109,22	0,62	0,09	17,57	1,76
Кабели от КТП к цехам								
Первый вариант								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
до цеха №1	0,011	0,527	0,850	234,60	0,167	0,0596	0,62	1,63
до цеха №2	0,026	0,714	0,700	244,18	0,206	0,0596	2,08	5,46
до цеха №3	0,036	0,600	0,800	224,74	0,258	0,0602	2,84	7,48
до цеха №4	0,072	0,714	0,700	185,58	0,326	0,0602	6,36	16,75
до цеха №5	0,07	0,600	0,800	284,88	0,167	0,0596	5,11	13,44
до цеха №6	0,047	0,714	0,700	280,81	0,167	0,0596	3,68	9,68
до цеха №7	0,15	0,600	0,800	261,14	0,258	0,0602	13,77	36,24
до цеха №8	0,1	0,527	0,850	312,81	0,167	0,0596	7,51	19,77
до цеха №9	0,053	0,436	0,900	303,87	0,258	0,0602	4,65	12,23
до цеха №10	0,051	0,800	0,600	252,43	0,258	0,0602	5,41	14,23
до цеха №11	0,025	0,661	0,750	273,48	0,167	0,0596	1,84	4,84
до цеха №12	0,071	0,714	0,700	282,16	0,167	0,0596	5,59	14,70
Второй вариант								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
до цеха №1	0,011	0,527	0,850	234,60	0,167	0,0596	0,62	1,63
до цеха №2	0,02	0,714	0,700	244,18	0,206	0,0596	1,60	4,20
до цеха №3	0,028	0,600	0,800	224,74	0,258	0,0602	2,21	5,82
до цеха №4	0,011	0,714	0,700	185,58	0,326	0,0602	0,97	2,56
до цеха №5	0,138	0,600	0,800	284,88	0,167	0,0596	10,07	26,50
до цеха №6	0,088	0,714	0,700	280,81	0,167	0,0596	6,89	18,13
до цеха №7	0,095	0,600	0,800	261,14	0,258	0,0602	8,72	22,95
до цеха №8	0,055	0,527	0,850	312,81	0,167	0,0596	4,13	10,87
до цеха №9	0,045	0,436	0,900	303,87	0,258	0,0602	3,95	10,39
до цеха №10	0,011	0,800	0,600	252,43	0,258	0,0602	1,17	3,07
до цеха №11	0,011	0,661	0,750	273,48	0,167	0,0596	0,81	2,13
до цеха №12	0,052	0,714	0,700	282,16	0,167	0,0596	4,09	10,77

5.6. Выбор высоковольтного оборудования

Распределение электроэнергии по территории завода от ГПП до цеховых КТП произведем кабельными линиями на 10 кВ.

Выбор выключателей защищающих КЛ.

Выключатели выбирают по: номинальному току $I_{ном} \geq I_{p,y}$, номинальному напряжению $U_{ном} \geq U_{ном,y}$, типу и роду установки.

Для защиты линий выбираем вакуумные выключатели серии ВВТЭ-М-10-12,5/630, входящие в состав КРУ РУ 10 кВ ГПП.

В качестве примера рассмотрим выбор выключателя для защиты КЛ до КТП1: $U_{\text{ном.кл}} = 10 \text{ кВ}$, $I_{\text{ном.кл}} = 54,46 \text{ А}$.

Выбираем выключатель серии ВВТЭ-М-10-12,5/630 с $U_{\text{ном}} = 10$, $I_{\text{ном}} = 630 \text{ А}$. Стоимость выключателя 25000 грн.

Для остальных линий выбор осуществляется аналогично, сведем результаты таблицы.

Таблица 5.6.1

№ п/п	U _{ном кл} , кВ	I _{ном кл} , А	Серия выключателей	I _{ном выкл} , А
КТП1	10	54,46	ВВТЭ-М-10-12,5/630	630
КТП2	10	58,96	ВВТЭ-М-10-12,5/630	630
КТП3	10	59,24	ВВТЭ-М-10-12,5/630	630
КТП4	10	66,21	ВВТЭ-М-10-12,5/630	630

Выбираем предохранители:

$$I_{\text{вс.ном}} = I_{\text{раб}} \cdot K_3 = 54,46 \cdot 1,6 = 87,14 \text{ А}.$$

Для КТП берем коэффициент запаса равным 1,6.

Таблица 5.6.2

Выбор предохранителей

№ п/п	U _{ном} , кВ	I _{раб} , А	$I_{\text{вс}} \geq K_{\text{зап}} \cdot I_{\text{тн}}$	I _{вс.ном}	Предохранитель	кол-во	цена, грн/шт
КТП1	10	54,46	87,13194	160	ПКТ-104-10 кВ	2	734
КТП2	10	58,96	94,33463	160	ПКТ-104-10 кВ	2	734
КТП3	10	59,24	94,77668	160	ПКТ-104-10 кВ	2	734
КТП4	10	66,21	105,9366	160	ПКТ-104-10 кВ	2	734

Так как все КТП имеют мощность 1600кВА, то будем использовать выключатели нагрузки.

Таблица 5.6.3

Выключатели нагрузки

№ п/п	U _{ном}	I _{раб} , А	Марка	цена, грн	количество
КТП1	10	54,457	ВНРП-10 400/10	3 419,95	2
КТП2	10	58,959	ВНРП-10 400/10	3 419,95	2
КТП3	10	59,235	ВНРП-10 400/10	3 419,95	2
КТП4	10	66,210	ВНРП-10 400/10	3 419,95	2

ВВТЭ-М-10-12,5/630УЗ со следующими параметрами: $U_{\text{ном}} = 10 \text{ кВ}$; $I_{\text{ном}} = 630 \text{ А}$; $I_{\text{ном.откл}} = 12,5 \text{ кА}$; предельный сквозной ток $I_{\text{скв}} = 12,5 \text{ кА}$;

предельный ток термической стойкости $I_{\text{пр.т.ст.}} = 12,5 \text{ А}$; собственное время выключателя $t_{\text{вкл}} = 0,3 \text{ с}$, $t_{\text{откл}} = 0,055 \text{ с}$.

ВНРП-10/400-10У3 выключатель нагрузки с пружинным приводом и усиленной контактной системой. Со следующими параметрами: $U_{\text{ном}} = 10$; $I_{\text{ном.откл}} = 400 \text{ А}$; предельный сквозной ток $I_{\text{скв}} = 25 \text{ кА}$; предельный ток термической стойкости $I_{\text{пр.т.ст.}} = 10 \text{ кА}$.

5.7. Расчет токов короткого замыкания

Основной причиной нарушения нормального режима работы системы электроснабжения является возникновение КЗ в сети или в элементах электрооборудования вследствие повреждения изоляции или неправильных действий обслуживающего персонала. Для снижения ущерба, обусловленного выходом из строя электрооборудования при протекании токов КЗ, а также для быстрого восстановления нормального режима работы системы электроснабжения необходимо правильно определять токи КЗ и по ним выбирать электрооборудование, защитную аппаратуру и средства ограничения токов КЗ. При возникновении КЗ имеет место увеличение токов в фазах системы электроснабжения или электроустановок по сравнению с их значением в нормальном режиме работы. В свою очередь, это вызывает снижение напряжений в системе, которое особенно велико вблизи места КЗ.

В трехфазной сети различают следующие виды КЗ: трехфазные, двухфазные, однофазные и двойные замыкания на землю.

Трехфазные КЗ являются симметричными, так как в этом случае все фазы находятся в одинаковых условиях. Все остальные виды КЗ являются несимметричными, поскольку при каждом из них фазы находятся не в одинаковых условиях и значения токов и напряжений в той или иной мере искажаются.

Наиболее распространенным видом КЗ являются однофазные КЗ в сетях с глухо- и эффективно заземленной нейтралью. Значительно реже возникают

двойные замыкания на землю, т. е. одновременное замыкание на землю разных фаз в различных точках сети, работающей с изолированной нейтралью. Расчетным видом КЗ для выбора или проверки параметров электрооборудования обычно считают трехфазное КЗ. Однако для выбора или проверки уставок релейной защиты и автоматики требуется определение и несимметричных токов КЗ.

Расчет токов КЗ с учетом действительных характеристик и действительных режимов работы всех элементов системы электроснабжения сложен. Поэтому для решения большинства практических задач вводят допущения, которые не дают существенных погрешностей:

- не учитывается сдвиг по фазе ЭДС различных источников питания, входящих в расчетную схему;
- трехфазная сеть принимается симметричной;
- не учитываются токи нагрузки;
- не учитываются емкости, а следовательно, и емкостные токи в воздушной и кабельной сетях;
- не учитывается насыщение магнитных систем, что позволяет считать постоянными и не зависящими от тока индуктивные сопротивления всех элементов короткозамкнутой цепи;
- не учитываются токи намагничивания трансформаторов.

В зависимости от назначения расчета токов КЗ выбирают расчетную схему сети, определяют вид КЗ, местоположение точек КЗ на схеме и сопротивления элементов схемы замещения.

Однолинейная схема показана на рисунке 5.7.1.

Характерные точки КЗ будут: 1) перед трансформатором ГПП; 2) на шинах РУ; 3) перед электроприемниками. Нумерацию точек КЗ будем вести в сторону удаленности от источника питания.

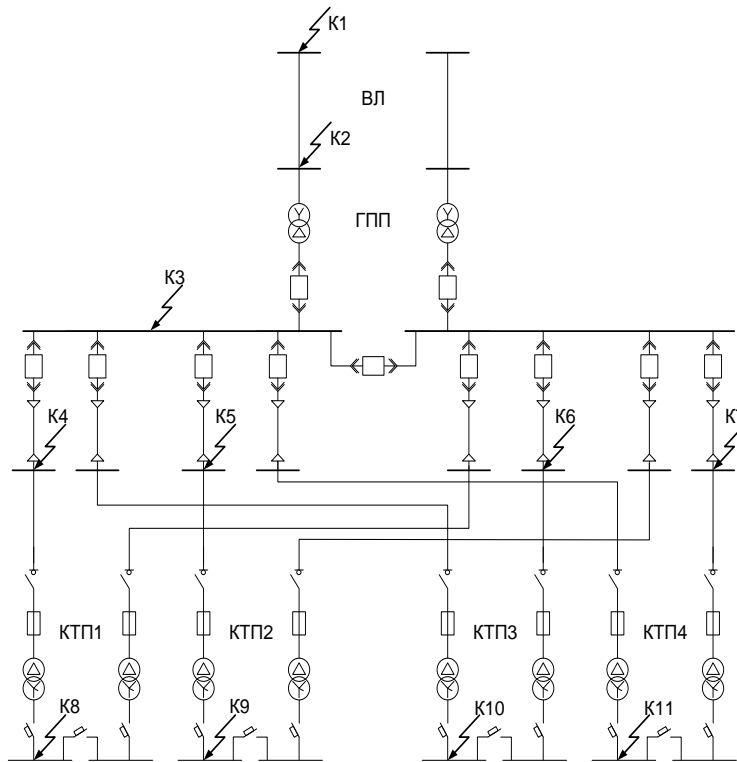


Рис. 5.7.1. Однолинейная схема

На рисунке 5.7.2 представлена схема замещения с характерными точками короткого замыкания.

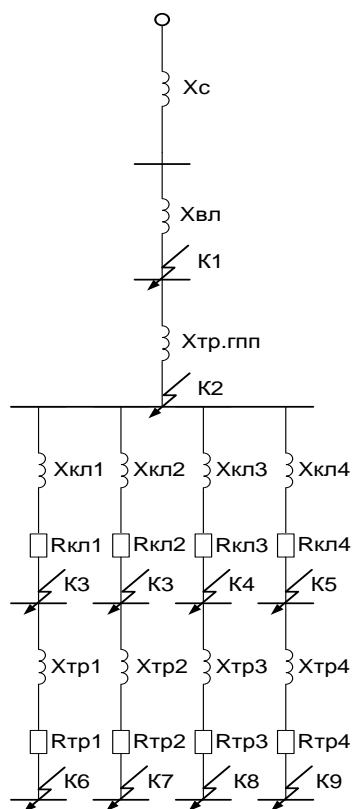


Рис. 5.7.2. Схема замещения

Найдем сопротивление системы

$$x_C = U_C^2 / S_{K3},$$

$$x_C = U_{CP}^2 / (\sqrt{3} \cdot S_{K3}) = 231^2 / \sqrt{3} \cdot 1500 = 20,54 \text{ Ом};$$

где S_{K3} - мощность короткого замыкания на стороне 231 кВ.

Приведем сопротивление к низшей ступени напряжения:

$$X'_C = X_C \cdot (115 / 231)^2 = 20,54 \cdot (115 / 231)^2 = 5,09 \text{ Ом}.$$

Найдем сопротивление воздушной линии:

$$X_{вл} = X_{y\delta} \cdot L = 0,444 \cdot 11 = 4,884 \text{ Ом};$$

$$X''_C = X_{вл} + X'_C = 4,884 + 5,09 = 9,984 \text{ Ом}.$$

Ток в точке КЗ - К1 на ВН трансформатора ГПП:

$$I_{K3} = \frac{U_{cp}}{\sqrt{3} \cdot X''_C} = \frac{115}{\sqrt{3} \cdot 9,984} = 6,65 \text{ кА};$$

Ударный ток:

$$i_{y\delta} = \sqrt{2} \cdot K_{y\delta} \cdot I_{K3},$$

где $K_{y\delta}$ - ударный коэффициент.

Если $\frac{x}{r} \leq 0,5$, то $K_{y\delta} = 1$, в других случаях $K_{y\delta}$ находится рис. 6.2 [2, с. 143].

$$i_{y\delta} = \sqrt{2} \cdot 1 \cdot 6,65 = 9,4 \text{ кА}.$$

Ток в точке КЗ – К2 на НН трансформатора ГПП:

$$X'''_C = X''_C \cdot (10,5 / 115)^2 = 9,984 \cdot (10,5 / 115)^2 = 0,083 \text{ Ом};$$

$$x_{TP.ГПП} = \frac{u_k}{100} \cdot \frac{U_{cp}^2}{S_{ном}} = \frac{10,5}{100} \cdot \frac{10,5^2}{6,3} = 1,838 \text{ Ом};$$

$$X_{HНГПП} = X'''_C + X_{mpГПП} = 1,838 + 0,083 = 1,921 \text{ Ом};$$

$$I_{K3} = \frac{U_{cp}}{\sqrt{3} \cdot X_{HНГПП}} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 1,921} = 3,16 \text{ кА}.$$

Ударный ток:

$$i_{y\delta} = \sqrt{2} \cdot K_{y\delta} \cdot I_{K3}.$$

Если $\frac{x}{r} \leq 0.5$, то $K_{y\delta} = 1$, в других случаях $K_{y\delta}$ находится рис. 6.2 [2, с.143].

$$i_{y\delta} = \sqrt{2} \cdot 1 \cdot 3,16 = 6,32 \text{ кА}.$$

Расчёт тока КЗ на ВН трансформатора КТП.

Дальнейшие расчеты представим в виде таблиц 5.7.1 и 5.7.2.

Таблица 5.7.1

№ п/п	КЛ до КТП1	КЛ до КТП2	КЛ до КТП3	КЛ до КТП4
L, км	0,064	0,081	0,058	0,081
Худ, Ом	0,62	0,62	0,62	0,443
Руд, Ом	0,09	0,09	0,09	0,086
X, Ом	0,03968	0,05022	0,03596	0,035883
R, Ом	0,00576	0,00729	0,00522	0,006966
X _{ннгпп}	1,921	1,921	1,921	1,921
ZΣ, Ом	1,96110	1,97175	1,95734	1,95755
I, кА	3,091	3,075	3,097	3,097
Куд	1	1	1	1
Iуд, кА	4,372	4,348	4,380	4,380

Расчёт тока КЗ на НН трансформатора.

Таблица 5.7.2

№ п/п	НН КТП1	НН КТП2	НН КТП3	НН КТП4
Z _{ннкп} , Ом	0,00285	0,00286	0,00284	0,00284
X _{тр} , Ом	0,00496	0,00496	0,00496	0,00496
R _{тр} , Ом	0,00093	0,00093	0,00093	0,00093
ZΣ, Ом	0,00790	0,00791	0,00789	0,00789
I, кА	29,247	29,190	29,267	29,266
Куд	1	1	1	1
Iуд, кА	41,361	41,280	41,390	41,388

РАЗДЕЛ 6

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЦЕХА НА НАПРЯЖЕНИЕ НИЖЕ 1000 В

6.1. Технические показатели электроприемников механического цеха

Таблица 6.1.1

№ ЭП	Наименование электроприёмников	Тип	Р пасп., кВт	ПВ пасп, о.е.	cosφ пасп	Ки	Кзаг	Категория	Ун, В	Кп
1	Ножницы с пневмоприводом	СМЖ-60	7,5	0,25	0,65	0,3	0,75	3	0,38	3
2,3,4,5	Станок продольно-фрезерный	6Т83Ш	90,3	0,6	0,6	0,22	0,75	3	0,38	3
6,7	Станок горизонтально-расточной	2Н637ГФ1	40,8	0,4	0,6	0,22	0,75	3	0,38	3
8,9,10	Станок круглошлифовальный	3М162М	21,32	0,6	0,55	0,16	0,75	3	0,38	3
11,12,13,14,15	Станок токарный	16Б16Т1	9,63	0,6	0,5	0,16	0,75	3	0,38	3
16,17,18	Станок вертикально-сверлильный	2Д132	22	0,4	0,5	0,16	0,75	3	0,38	3
19	Пресс гидравлический	П63286	11	0,25	0,6	0,22	0,75	2	0,38	5
20	Конвейер тележечный	н.о.	11	1	0,75	0,4	0,9	3	0,38	3
21,22,23,24	Станок токарно-винторезный	16К20ВФ1	17	0,4	0,6	0,16	0,75	3	0,38	3
25,26,27	Станок радиально-сверлильный	2А554	9,125	0,6	0,6	0,16	0,75	3	0,38	3
28,29,30,31	Станок круглошлифовальный	3М162М	21,32	0,6	0,55	0,16	0,75	3	0,38	3
32	Станок опилоочный	8Б74	7,125	0,4	0,6	0,2	0,75	3	0,38	3
33,34,35	Пресс автомат круглошлифовальный	н.о.	10	0,6	0,55	0,16	0,75	2	0,38	3
36,37,38	Пресс автомат балансировочный	9716	2,1	0,6	0,5	0,14	0,75	2	0,38	3
39, 40	Станок фрезерно-расточной	6Т13Ф20-1	83,2	0,4	0,6	0,15	0,75	3	0,38	3
41,42,43,44,45	Вентилятор крышный	н.о.	2,2	1	0,8	0,65	0,9	2	0,38	3

6.2. Определение расчетных электрических нагрузок на первом уровне

Первым этапом проектирования системы электроснабжения является определение электрических нагрузок. По значению электрических нагрузок выбирают и проверяют электрооборудование системы электроснабжения, определяют потери мощности и электроэнергии. От правильной оценки ожидаемых нагрузок зависят капитальные затраты на систему

электроснабжения, эксплуатационные расходы, надежность работы электрооборудования.

При проектировании системы электроснабжения или анализе режимов ее работы потребители электроэнергии (отдельный приемник электроэнергии, группа приемников, цех или завод в целом) рассматривают в качестве нагрузок. Различают следующие виды нагрузок: активную мощность P , реактивную мощность Q , полную мощность S и ток I .

6.2.1 Определение расчетных нагрузок

Активную и реактивную расчётные нагрузки, создаваемые одним приёмником электроэнергии принимаем равной фактически потребляемой мощности:

$$P_m = K_z \cdot P_{ном};$$

$$Q_m = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi,$$

где K_z – коэффициент загрузки по активной мощности электроприёмника.

При отсутствии данных о реальной загрузке допускается принимать их средние значения: для ЭП с длительным режимом работы 0,9, а для ЭП с повторно-кратковременным – 0,75.

Полная расчетная мощность S_p определяется выражением:

$$S_m = \sqrt{P_m^2 + Q_m^2}.$$

При этом активную номинальную мощность $P_{ном}$ электроприёмников принимаем равной:

$$P_{ном} = P_{пасп} \cdot \sqrt{ПВ},$$

где $ПВ$ – паспортная продолжительность включения, о.е.

Под номинальной реактивной мощностью электроприёмника принимаем реактивную мощность, потребляемую им из сети или отдаваемую в сеть при активной номинальной мощности и номинальном напряжении:

$$Q_{ном} = P_{ном} \cdot \operatorname{tg} \varphi,$$

где $tg\varphi$ – соответствует $\cos\varphi$ – коэффициенту мощности электроприёмника.

Расчетный ток принимаем равным:

$$I_m = S_m / \sqrt{3}U_n,$$

$$K_{II} = \frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$$

Коэффициент пуска электроприёмника принимаем: для электрообогревателей и электропечей $K_{II} = 1$; для сварочных трансформаторов, полуавтоматов и различных электрических машин $K_{II} = 5$.

Приведем пример расчета для продольно – фрезерного станка :

$$P_{насп} = 90,3 \text{ кВт}; \text{ ПВ} = 60\% ; K_3 = 0,75 ; K_{II} = 0,22 ; \cos\varphi = 0,6.$$

$$P_{ном} = P_{насп} \cdot \sqrt{\text{ПВ}} = 90,3 \cdot \sqrt{0,6} = 69,95 \text{ кВт};$$

$$P_{M1} = K_3 \cdot P_{ном} = 0,75 \cdot 69,95 = 52,46 \text{ кВт};$$

$$Q_{M1} = P_{M1} \cdot tg\varphi = 52,46 \cdot tg(\arccos 0,6) = 69,95 \text{ кВАр};$$

$$S_{M1} = \sqrt{P_{M1}^2 + Q_{M1}^2} = \sqrt{52,46^2 + 69,95^2} = 87,43 \text{ кВА}.$$

Расчёт нагрузок для электроприёмников сведём в таблицу 6.2.1.

Таблица 6.2.1

Наименование электроприёмников	$P_{ном}$, кВт	K_3	$\cos\mu$	$tg\mu$	P_m , кВт	Q_m , кВт	S_m , кВА
Ножницы с пневмоприводом	3,750	0,75	0,650	1,169	2,813	3,288	4,327
Станок продольно-фрезерный	69,946	0,75	0,600	1,333	52,460	69,946	87,433
Станок горизонтально-расточной	25,804	0,75	0,600	1,333	19,353	25,804	32,255
Станок круглошлифовальный	16,514	0,75	0,550	1,518	12,386	18,808	22,520
Станок токарный	7,459	0,75	0,500	1,732	5,595	9,690	11,189
Станок вертикально-сверлильный	13,914	0,75	0,500	1,732	10,436	18,075	20,871
Пресс гидравлический	5,500	0,75	0,600	1,333	4,125	5,500	6,875
Конвейер тележечный	11,000	0,90	0,750	0,882	9,900	8,731	13,200
Станок токарно-винторезный	10,752	0,75	0,600	1,333	8,064	10,752	13,440
Станок радиально-сверлильный	7,068	0,75	0,600	1,333	5,301	7,068	8,835
Станок круглошлифовальный	16,514	0,75	0,550	1,518	12,386	18,808	22,520
Станок опилочный	4,506	0,75	0,600	1,333	3,380	4,506	5,633
Пресс автомат круглошлифовальный	7,746	0,75	0,550	1,518	5,809	8,822	10,563
Пресс автомат балансировочный	1,627	0,75	0,500	1,732	1,220	2,113	2,440
Станок фрезерно-расточной	52,620	0,75	0,600	1,333	39,465	52,620	65,775
Вентилятор крышный	2,200	0,90	0,800	0,750	1,980	1,485	2,475

Для каждого приёмника найдём максимальный и пусковой ток.

Вентилятор крышный (ЭП №45):

Максимальный расчётный ток:

$$I_m = \frac{P_{m1}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos \mu} = \frac{1,98}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,8} = 3,76 \text{ А.}$$

Пусковой ток:

$$I_{II} = K_{II} \cdot I_m = 3 \cdot 3,76 = 11,28 \text{ А,}$$

где K_{II} - коэффициент пускового тока.

Для остальных приёмников расчёт аналогичен. Результаты расчёта сведём в таблицу 6.2.2

Таблица 6.2.2

№ ЭП по генплану	Наименование электроприёмников	P _{m1} , кВт	Q _{m1} , кВар	I _m , А	I _п , А
1	Ножницы с пневмоприводом	2,813	3,288	6,574	19,722
2,3,4,5	Станок продольно-фрезерный	52,460	69,946	132,840	398,520
6,7	Станок горизонтально-расточной	19,353	25,804	49,007	147,020
8,9,10	Станок круглошлифовальный	12,386	18,808	34,215	102,645
11,12,13,14,15	Станок токарный	5,595	9,690	17,000	51,000
16,17,18	Станок вертикально-сверлильный	10,436	18,075	31,710	95,131
19	Пресс гидравлический	4,125	5,500	10,445	52,227
20	Конвейер тележечный	9,900	8,731	20,055	60,166
21,22,23,24	Станок токарно-винторезный	8,064	10,752	20,419	61,258
25,26,27	Станок радиально-сверлильный	5,301	7,068	13,424	40,271
28,29,30,31	Станок круглошлифовальный	12,386	18,808	34,215	102,645
32	Станок опилоочный	3,380	4,506	8,558	25,674
33,34,35	Пресс автомат круглошлифовальный	5,809	8,822	16,048	48,145
36,37,38	Пресс автомат балансировочный	1,220	2,113	3,707	11,121
39, 40	Станок фрезерно-расточной	39,465	52,620	99,935	299,806
41,42,43,44,45	Вентилятор крышный	1,980	1,485	3,760	11,281

6.3. Выбор и расчет схемы электроснабжения второго уровня

Намечаем 2 варианта схем внутрицехового электроснабжения. Один вариант рассмотрим с использованием силовых пунктов, другой - с шинопроводами и силовыми пунктами.

При проектировании будем принимать варианты, обеспечивающие рациональное использование ячеек распределительных устройств, минимальную длину распределительной сети, надёжность системы электроснабжения, минимальные экономические затраты.

Варианты схемы представим на рисунках 6.3.1 и 6.3.2

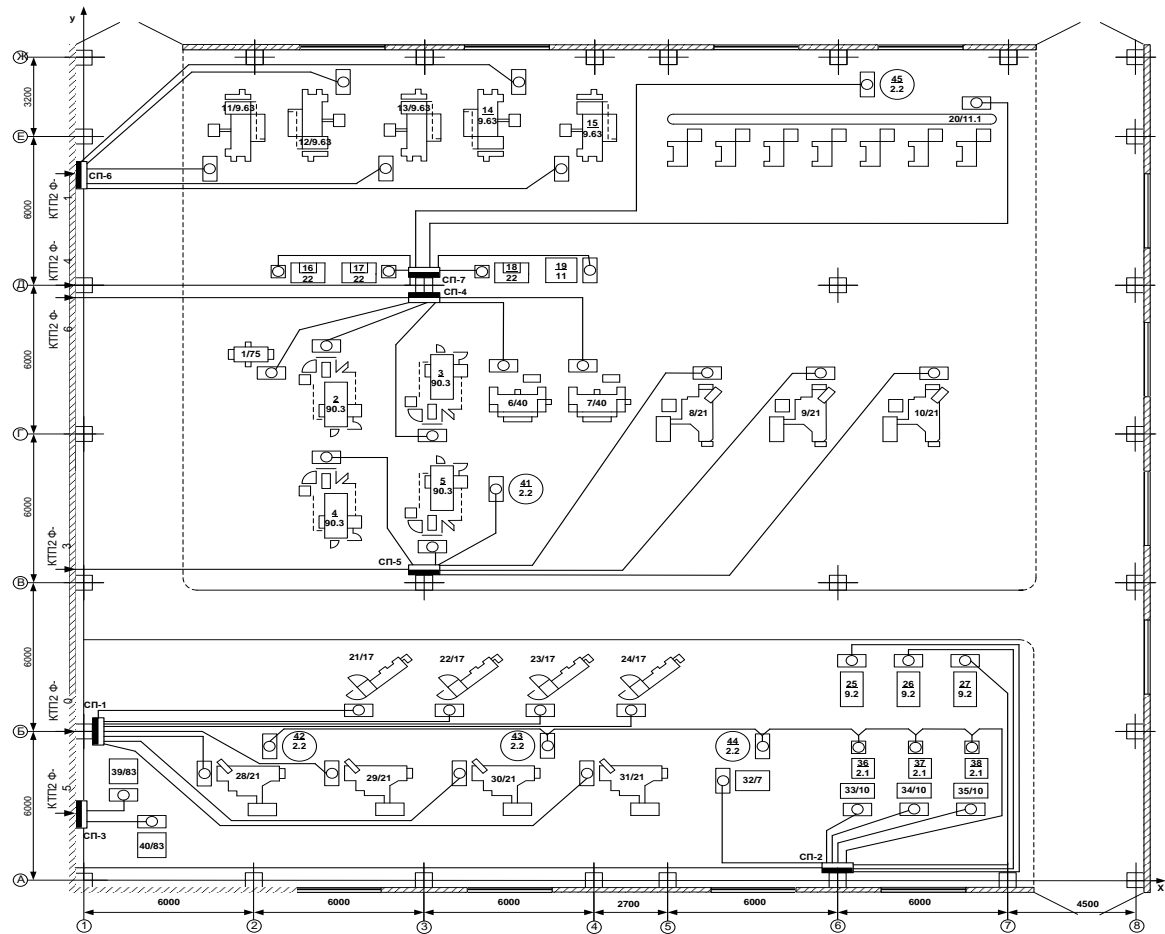


Рис. 6.3.1

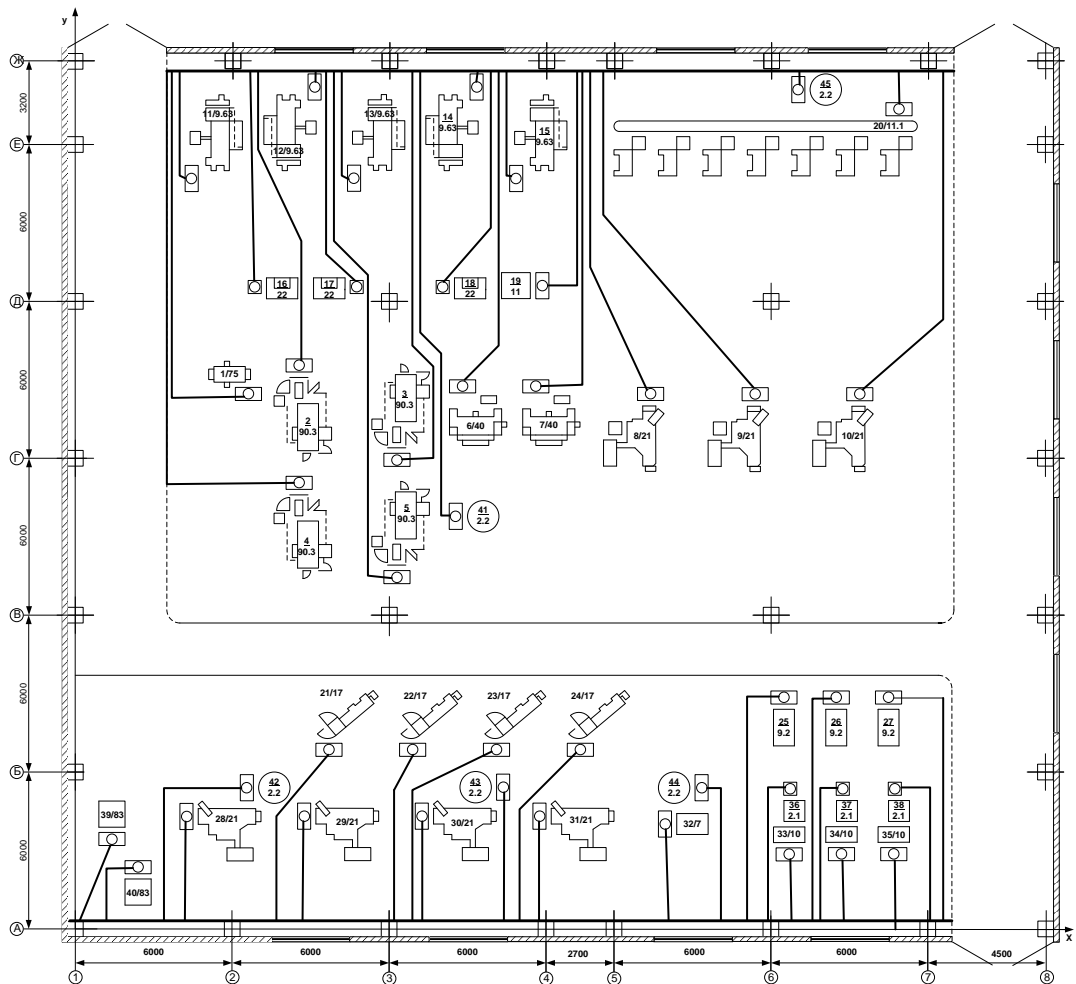


Рис. 6.3.2

Расчёт второго уровня электроснабжения

Расчётную нагрузку на 2 уровне, создаваемую группой электроприёмников, определяем по методу упорядоченных диаграмм, то есть по средней мощности и коэффициенту максимума.

Для этого, зная размещение электроприёмников на генплане, расчётные нагрузки на 1 уровне, местоположение цеховой трансформаторной подстанции, намечаем 2 варианта схем внутрицехового электроснабжения. И таким образом определяем узлы 2-го уровня электроснабжения, для которых будет определяться расчётная нагрузка (сборки, шкафы, силовые пункты, шинопроводы).

Расчётная активная нагрузка группы приёмников с переменным графиком нагрузки определяем из выражения:

$$P_m = K_m \cdot P_{cm} = K_m \cdot K_u \cdot P_n$$

где P_{cm} – средняя мощность рабочих электроприёмников за наиболее загруженную смену, кВт; P_n – суммарная номинальная активная мощность рабочих электроприёмников, кВт; K_u – групповой коэффициент использования активной мощности; K_m – коэффициент максимума активной мощности.

Коэффициент максимума активной мощности K_m определяем по кривым [3, с. 321], в зависимости от коэффициента использования K_u и эффективного числа группы электроприёмников $n_{\text{э}}$.

Результаты расчётов сводим в таблицы 6.3.1 и 6.3.2 для первого и второго варианта соответственно.

Выбор сечений кабельных линий.

Сечения проводов и жил кабелей цеховой сети выбираем по нагреву длительным расчётным током:

$$I_p \leq K_{c.n} \cdot I_{дон},$$

где $K_{c.n}$ – поправочный коэффициент на условия прокладки проводов и кабелей, $K_{c.n} = 1$ [3, табл.1.3.26]; $I_{дон}$ – длительно допустимый ток проводника, А, [3, табл.1.3.18].

В качестве кабеля используем кабель марки АВВГ.

В качестве примера рассмотрим выбор сечения кабельной линии для ЭП №(41 – 44) и №(33 – 36), соединенных шлейфом.

Расчётный ток:

Для линии от ЭП №41 до ЭП №44:

$$I_{p(33-34)} = \frac{S_{33}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{2,475}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 3,76 \text{ A};$$

$$I_{p(34-35)} = \frac{S_{33} + S_{34}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{2,475 + 2,475}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 7,521 \text{ A};$$

$$I_{p(35-36)} = \frac{S_{35} + S_{34} + S_{33}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{2,475 + 2,475 + 2,475}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 11,281 \text{ A}.$$

Таблица 6.3.1

Наименование узлов питания и групп электроприёмников	Количество электроприёмников, рабочих/резервных	Установленная мощность, приведённая к ПВ=100%, кВт		m	Коэффициент использования, Ки	cosφ	tgφ	Средняя нагрузка за максимально загруженную смену		Эффективное число электроприёмников, пэ	Коэффициент максимума, Км	Максимальная расчётная нагрузка			
		Рном одного ЭП (наим.-наиб.)	Рном общая, Раб./резерв.					Рсм, кВт	Qсм, кВар			Рм, кВт	Qм, кВар	Sm, кВА	Im, А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
СП-1															
Станок токарно-винторезный №(21-24)	4	10,752	43,007		0,16	0,6	1,333	6,881	9,175						
Станок круглошлифовальный №(28-31)	4	16,514	66,058		0,16	0,55	1,518	10,569	16,049						
ИТОГО ПО СП-1	8	10,752÷16,51	109,065	<3	0,16	0,569	1,445	17,450	25,224	8	2,25	39,263	27,746	48,078	73,049
СП-2															
Станок опилочный №32	1	4,506	4,506		0,2	0,6	1,333	0,901	1,202						
Пресс автомат круглошлифовальный №(33-35)	3	7,746	23,238		0,16	0,55	1,518	3,718	5,646						
Пресс автомат балансировочный №(36-38)	3	1,627	4,880		0,14	0,5	1,732	0,683	1,183						
Вентилятор крышный №(42-44)	3	2,200	6,600		0,65	0,8	0,750	4,290	3,218						
Станок радиально-сверлильный №(25-27)	3	7,068	21,205		0,16	0,6	1,333	3,393	4,524						
ИТОГО ПО СП-2	13	1,627÷10,75	60,429	>3	0,215	0,636	1,215	12,985	15,772	13	1,75	22,724	17,349	28,590	43,439
СП-3															
Станок фрезерно-расточной №(39-40)	2	52,620	105,241		0,15	0,6	1,333	15,786	21,048						
ИТОГО ПО СП-3	2	52,620	105,241	<3	0,15	0,6	1,333	15,786	21,048	2	1	15,786	21,048	26,310	39,975
СП-4															
Ножницы с пневмоприводом №1	1	3,750	3,750		0,3	0,65	1,169	1,125	1,315						
Станок продольно-фрезерный №(2-3)	2	69,946	139,892		0,22	0,6	1,333	30,776	41,035						

Наименование узлов питания и групп электроприёмников	Количество электроприёмников, рабочих/резервных	Установленная мощность, приведённая к ПВ=100%, кВт		m	Коэффициент использования, Ки	cosφ	tgφ	Средняя нагрузка за максимально загруженную смену		Эффективное число электроприёмников, пэ	Коэффициент максимума, Км	Максимальная расчётная нагрузка			
		Рном одного ЭП (наим.-наиб.)	Рном общая, Раб./резерв.					Рсм, кВт	Qсм, кВар			Рм, кВт	Qм, кВар	Sm, кВА	Im, А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Станок горизонтально-расточной №(6-7)	2	25,804	51,608		0,22	0,6	1,333	11,354	15,138						
ИТОГО ПО СП-4	5	3,75÷69,95	195,251	>3	0,222	0,601	1,329	43,255	57,489	5	1,4	60,557	63,238	87,557	133,032
СП-5															
Станок продольно-фрезерный №(4-5)	2	69,946	139,892		0,22	0,6	1,333	30,776	41,035						
Станок круглошлифовальный №(8-10)	3	16,514	49,543		0,16	0,55	1,518	7,927	12,037						
Вентилятор крышный №41	1	2,200	2,200		0,65	0,8	0,750	1,430	1,073						
ИТОГО ПО СП-5	6	2,2÷69,95	191,635	>3	0,209	0,595	1,349	40,133	54,144	6	2,2	88,293	59,559	106,503	161,819
СП-6															
Станок токарный №(11-15)	5	7,459	37,297		0,16	0,5	1,732	5,967	10,336						
ИТОГО ПО СП-6	5	7,459	37,297	<3	0,16	0,5	1,732	5,967	10,336	5	2,6	15,515	11,370	19,235	29,226
СП-7															
Станок вертикально-сверлильный №(16-18)	3	13,914	41,742		0,16	0,500	1,732	6,679	11,568						
Пресс гидравлический №19	1	5,500	5,500		0,22	0,600	1,333	1,210	1,613						
Конвейер тележечный №20	1	11,000	11,000		0,4	0,750	0,882	4,400	3,880						
Вентилятор крышный №45	1	2,200	2,200		0,65	0,800	0,750	1,430	1,073						
ИТОГО ПО СП-7	6	2,2÷13,914	60,442	>3	0,227	0,603	1,322	13,719	18,134	6	2,200	30,181	19,948	36,177	54,968
ИТОГО	45	0,2÷69,95	759,359	>3	0,197	0,594	1,354	149,296	202,147	34	1,550	231,409	202,147	307,268	466,859

Таблица 6.3.2

Наименование узлов питания и групп электроприёмников	Количество электроприёмников, рабочих/резервных	Установленная мощность, приведённая к ПВ=100%, кВт		m	Коэффициент использования, Ки	cosφ	tgφ	Средняя нагрузка за максимально загруженную смену		Эффективное число	Коэффициент максимума, Км	Максимальная расчётная нагрузка			
		Рном одного ЭП (наименьшего - наибольшего)	Рном общая, рабочих/резерв.					Рсм, кВт	Qсм, кВар			Рм, кВт	Qм, кВар	Sm, кВА	Im, А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ШРА-1															
Станок токарно-винторезный №(21-24)	4	10,752	43,007	0	0,16	0,6	1,333	6,881	9,175						
Станок радиально-сверлильный №(25-27)	3	7,068	21,205	0	0,16	0,6	1,333	3,393	4,524						
Станок круглошлифовальный №(28-31)	4	16,514	66,058	0	0,16	0,55	1,518	10,569	16,049						
Станок опиловочный №32	1	4,506	4,506	0	0,2	0,6	1,333	0,901	1,202						
Пресс автомат круглошлифовальный №(33-35)	3	7,746	23,238	0	0,16	0,55	1,518	3,718	5,646						
Пресс автомат балансировочный №(36-38)	3	1,627	4,880	0	0,14	0,5	1,732	0,683	1,183						
Станок фрезерно-расточной №(39-40)	2	52,620	105,241	0	0,15	0,6	1,333	15,786	21,048						
Вентилятор крышный №(42-44)	3	2,2	6,6	0	0,65	0,8	0,75	4,29	3,218						
ИТОГО ПО ШРА-1	23	2,2÷69,946	274,734	>3	0,168	0,597	1,342	46,222	62,044	15	1,6	73,955	73,955	62,044	94,269
ШРА-2															
Ножницы с пневмоприводом №1	1	3,75	3,75	0	0,3	0,65	1,169	1,125	1,315						
Станок продольно-	2	69,946	139,892	0	0,22	0,6	1,333	30,776	41,035						

Наименование узлов питания и групп электроприёмников	Количество электроприёмников, рабочих/резервных	Установленная мощность, приведённая к ПВ=100%, кВт		m	Коэффициент использования, Ки	cosφ	tgφ	Средняя нагрузка за максимально загруженную смену		Эффективное число	Коэффициент максимума, Км	Максимальная расчётная нагрузка			
		Рном одного ЭП (наименьшего - наибольшего)	Рном общая, рабочих/резерв.					Рсм, кВт	Qсм, кВар			Рм, кВт	Qм, кВар	Sm, кВА	Im, А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
фрезерный №(2-3)															
Станок продольно-фрезерный №(4-5)	2	69,946	139,892	0	0,22	0,6	1,333	30,776	41,035						
Станок горизонтально-расточной №(6-7)	2	25,804	51,608	0	0,22	0,6	1,333	11,354	15,138						
Станок круглошлифовальный №(8-10)	3	16,514	49,543	0	0,16	0,55	1,518	7,927	12,037						
Станок токарный №(11-15)	5	7,459	37,297	0	0,16	0,5	1,732	5,967	10,336						
Станок вертикально-сверлильный №(16-18)	3	13,914	41,742	0	0,16	0,5	1,732	6,679	11,568						
Пресс гидравлический №19	1	5,5	5,5	0	0,22	0,6	1,333	1,21	1,613						
Конвейер тележечный №20	1	11	11	0	0,4	0,75	0,882	4,4	3,880						
Вентилятор крышный №41	1	2,2	2,2	0	0,65	0,8	0,75	1,43	1,073						
Вентилятор крышный №45	1	2,2	2,2	0	0,65	0,8	0,75	1,43	1,073						
ИТОГО ПО ШРА-2	22	1,63÷52,62	484,625	>3	0,213	0,593	1,359	103,07	140,103	10	2,1	216,457	154,114	265,715	403,724
ИТОГО	45	0,2÷69,946	759,359	>3	0,197	0,594	1,354	149,29	202,147	34	1,55	231,409	202,147	307,268	466,859

Для линии от ЭП №41 до ЭП №42 находим методом упорядоченных диаграмм.

Количество ЭП $n_3 = 4$.

$P_{ном}$ одного ЭП (наименьшего - наибольшего), кВт: $1,22 \div 1,98$.

$P_{ном.общ.} = 7,16$ кВт.

$$m = \frac{1,98}{1,22} = 1,62 < 3.$$

Коэффициент использования $K_u = 0,56$;

$$\cos\varphi = 0,784; \quad \operatorname{tg}\varphi = 0,792;$$

$$P_{см} = K_u \cdot P_{ном.общ.} = 0,56 \cdot 7,16 = 4,01 \text{ кВт};$$

$$Q_{см} = P_{см} \cdot \operatorname{tg}\varphi = 4,01 \cdot 0,792 = 3,176 \text{ кВАр.}$$

Коэффициент максимума определяем по кривым [3, с. 322]:

$$K_m = 1,54.$$

Максимальная расчётная нагрузка:

$$P_m = K_m \cdot P_{см} = 1,54 \cdot 4,01 = 6,175 \text{ кВт};$$

$$Q_m = 1,1 \cdot Q_{см} = 1,1 \cdot 3,176 = 3,494 \text{ кВт};$$

$$S_m = \sqrt{P_m^2 + Q_m^2} = \sqrt{6,175^2 + 3,494^2} = 7,095 \text{ кВА};$$

$$I_{p(42-123)} = \frac{S_{M(42-43)}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{7,095}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 10,78 \text{ А.}$$

Для линии от ЭП №42 до ЭП №43 находим методом упорядоченных диаграмм.

Количество ЭП $n_3 = 5$.

$P_{ном}$ одного ЭП (наименьшего - наибольшего), кВт: $1,22 \div 1,98$.

$P_{ном.общ.} = 8,38$.

$$m = \frac{1,98}{1,22} = 1,62 < 3.$$

Коэффициент использования $K_u = 0,5$;

$$\cos\varphi = 0,785; \quad \operatorname{tg}\varphi = 0,79;$$

$$P_{cm} = K_u \cdot P_{ном.общ.} = 0,5 \cdot 8,38 = 4,19 \text{ кВт};$$

$$Q_{cm} = P_{cm} \cdot \operatorname{tg}\varphi = 4,19 \cdot 0,79 = 3,31 \text{ кВар};$$

Коэффициент максимума определяем по кривым ([3], стр. 322):

$$K_m = 1,65.$$

Максимальная расчётная нагрузка:

$$P_m = K_m \cdot P_{cm} = 1,57 \cdot 4,19 = 6,58 \text{ кВт};$$

$$Q_m = 1,1 \cdot Q_{cm} = 1,1 \cdot 3,31 = 3,641 \text{ кВт};$$

$$S_m = \sqrt{P_m^2 + Q_m^2} = \sqrt{6,58^2 + 3,641^2} = 7,52 \text{ кВА};$$

$$I_{p(43-44)} = \frac{S_{M(42-43)}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{7,52}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 11,43 \text{ А}.$$

Для линии от ЭП №43 до СП находим методом упорядоченных диаграмм.

Количество ЭП $n_s = 6$.

$P_{ном}$ одного ЭП (наименьшего - наибольшего), кВт: $1,22 \div 1,98$.

$P_{ном.общ.} = 9,6$ кВт.

$$m = \frac{1,98}{1,22} = 1,62 < 3.$$

Коэффициент использования $K_u = 0,69$;

$$\cos\varphi = 0,549; \quad \operatorname{tg}\varphi = 1,521;$$

$$P_{cm} = K_u \cdot P_{ном.общ.} = 0,69 \cdot 9,6 = 6,624 \text{ кВт};$$

$$Q_{cm} = P_{cm} \cdot \operatorname{tg}\varphi = 6,624 \cdot 1,521 = 10,075 \text{ кВАр}.$$

Коэффициент максимума определяем по кривым [3, с. 322]:

$$K_m = 1,28;$$

Максимальная расчётная нагрузка:

$$P_m = K_m \cdot P_{cm} = 1,28 \cdot 6,624 = 8,5 \text{ кВт};$$

$$Q_m = 1,1 \cdot Q_{cm} = 1,1 \cdot 10,075 = 11,083 \text{ кВт};$$

$$S_m = \sqrt{P_m^2 + Q_m^2} = \sqrt{8,5^2 + 11,083^2} = 13,97 \text{ кВА};$$

$$I_{p(44-СП)} = \frac{S_{M(42-43)}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{13,97}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 21,23 \text{ А};$$

Согласно ПУЭ выбираем сечение 4мм^2 . Для остальных ЭП расчёт аналогичен. Результаты расчётов сведём в таблицу 6.3.3.

Выбор распределительных пунктов.

Для приёма и распределения электроэнергии к группам потребителей применяют силовые распределительные шкафы, пункты и шинопроводы.

В качестве силовых пунктов выбираем шкафы серии ПР-11. Шкафы имеют на вводе рубильник, а на выводах - выключатели.

Таблица 6.3.3

Вариант №1			
Расположение кабеля	I, А	Сечение кабеля	Марка кабеля
Электроприемники № 1	6,574	4	АВВГ 4x4
электроприемники № 2-5	132,840	35	АВВГ 4x35
электроприемники № 6-7	49,007	10	АВВГ 4x10
электроприемники № 8-10	34,215	10	АВВГ 4x10
электроприемники № 11-15	17,000	4	АВВГ 4x4
электроприемники № 16-18	31,710	4	АВВГ 4x4
электроприемники № 19	10,445	4	АВВГ 4x4
электроприемники № 20	20,055	4	АВВГ 4x4
электроприемники № 21-24	20,419	4	АВВГ 4x4
электроприемники № 25-27	13,424	4	АВВГ 4x4
электроприемники № 28-31	34,215	10	АВВГ 4x10
электроприемники № 32	8,558	4	АВВГ 4x4
электроприемники № 33-35	16,048	4	АВВГ 4x4
электроприемники № 36-38	3,707	4	АВВГ 4x4
электроприемники № 39,40	99,935	25	АВВГ 4x25
электроприемники № 41-45	3,760	4	АВВГ 4x4
СП-1	73,049	25	АВВГ 4x25
СП-2	28,59	4	АВВГ 4x4
СП-3	39,975	10	АВВГ 4x10
СП-4	133,03	35	АВВГ 4x35
СП-5	161,82	50	АВВГ 4x50
СП-6	29,226	4	АВВГ 4x4
СП-7	54,968	25	АВВГ 4x25
Вариант №2			
Расположение кабеля	I, А	Сечение кабеля	Марка кабеля
ШРА-1	94,269	25	АВВГ 4x25
ШРА-2	403,724	2*120	2*(АВВГ 4x120)

Шкафы и шинопроводы выбираем с учётом числа подключаемых электроприёмников, расчётного тока каждого ЭП и расчётного тока всей группы:

$$I_p \leq I_{ном},$$

где $I_{ном}$ - номинальный ток распределительного пункта, А; I_p - расчётный ток, А. Выбор распределительных пунктов сведём в таблицу 6.3.4.

Таблица 6.3.4

Вариант №1					
Наименование распределительного пункта	Количество присоединений	Расчётный ток группы ЭП, А	Марка	Число отходящих линий	Цена (без учёта цены выключателей), грн
СП-1	8	73,049	ПР 11-1086-21 У3	8	11 109,00
СП-2	8	28,590	ПР 11-1086-21 У3	8	11 109,00
СП-3	2	39,975	ПР 11-1118-21 У3	4	8 262,00
СП-4	5	133,032	ПР 11-1086-21 У3	8	11 109,00
СП-5	6	161,819	ПР 11-1086-21 У3	8	11 109,00
СП-6	5	29,226	ПР 11-1086-21 У3	8	11 109,00
СП-7	6	54,968	ПР 11-1086-21 У3	8	11 109,00
Вариант №2					
Наименование распределительного пункта	Количество присоединений	Расчётный ток группы ЭП, А	Марка	Число отходящих линий	Цена (без учёта цены выключателей), грн.
ШРА-1	23	94,269	ШРА-73У3	20	37126,3
ШРА-2	22	403,724	ШРА-73У3	24	37126,3

Выбор коммутационно–защитных аппаратов.

В качестве коммутационно-защитных аппаратов выбираем автоматические выключатели серии ВА.

При выборе автоматических выключателей необходимо учитывать следующие требования:

- номинальное напряжение выключателя не должно быть ниже напряжения сети;
- номинальный ток расцепителя должен быть не меньше наибольшего расчётного тока нагрузки, длительно протекающего по защищаемому элементу.

Расцепитель для автоматических выключателей:

$$I_{ном.расц.} \geq I_{р\max}$$

Выбор автоматических выключателей запишем в таблицу 6.3.5

Таблица 6.3.5

Вариант №1					
Наименование защищаемого ЭП	Расчётный ток, А	Номинальный ток выключателя, А	Ток расцепителя, А	Марка автоматического выключателя	Цена, грн
СП-1					
Станок токарно-винторезный №(21-24)	20,419	25	25	ВА-13-25	296,00
Станок круглошлифовальный №(28-31)	34,215	63	40	ВА 13-29	685,00
СП-2					
Станок опилоочный №32	8,558	25	16	ВА-13-25	296,00
Пресс автомат круглошлифовальный №(33-35)	16,048	25	25	ВА-13-25	296,00
Пресс автомат балансировочный №(36-38)	3,707	25	5	ВА-13-25	296,00
Вентилятор крышный №(42-44)	3,760	25	5	ВА-13-25	296,00
Станок радиально-сверлильный №(25-27)	13,424	25	16	ВА-13-25	296,00
СП-3					
Станок фрезерно-расточной №(39-40)	99,935	250	125	ВА 51-35	1 880,00
СП-4					
Ножницы с пневмоприводом №1	6,574	25	16	ВА-13-25	296,00
Станок продольно-фрезерный №(2-3)	132,840	250	160	ВА 51-35	1 880,00
Станок горизонтально-расточной №(6-7)	49,007	63	63	ВА 13-29	685,00
СП-5					
Станок продольно-фрезерный №(4-5)	132,840	250	160	ВА 51-35	1 880,00
Станок круглошлифовальный №(8-10)	34,215	63	40	ВА 13-29	685,00
Вентилятор крышный №41	3,760	25	5	ВА-13-25	296,00
СП-6					
Станок токарный №(11-15)	17,000	25	25	ВА-13-25	296,00
СП-7					
Станок вертикально-сверлильный №(16-18)	31,710	63	40	ВА 13-29	685,00
Пресс гидравлический №19	10,445	25	16	ВА-13-25	296,00
Конвейер тележечный №20	20,055	25	25	ВА-13-25	296,00
Вентилятор крышный №45	3,760	25	5	ВА-13-25	296,00
СП – 1	73,05	100	100	ВА 51-35	1 880,00
СП – 2	28,59	63	31,5	ВА 13-29	685,00
СП – 3	39,98	63	50	ВА 13-29	685,00
СП – 4	133,03	250	160	ВА 51-35	1 880,00
СП – 5	161,82	250	200	ВА 51-35	1 880,00
СП – 6	29,23	63	40	ВА 13-29	685,00
СП – 7	54,97	63	63	ВА 13-29	685,00

Вариант №2

Наименование защищаемого ЭП	Расчётный ток, А	Номинальный ток, А	Ток распрепителя, А	Марка автоматического выключателя	Цена, грн
ШРА-1					
Станок токарно-винторезный №(21-24)	20,419	25	25	ВА-13-25	296,00
Станок радиально-сверлильный №(25-27)	13,424	25	16	ВА-13-25	296,00
Станок круглошлифовальный №(28-31)	34,215	63	40	ВА 13-29	685,00
Станок опиловочный №32	8,558	25	16	ВА 13-29	685,00
Пресс автомат круглошлифовальный №(33-35)	16,048	25	25	ВА-13-25	296,00
Пресс автомат балансировочный №(36-38)	3,707	25	5	ВА-13-25	296,00
Станок фрезерно-расточной №(39-40)	99,935	250	125	ВА 51-35	1 880,00
Вентилятор крышный №(42-44)	3,760	25	5	ВА-13-25	296,00
ШРА-2					
Ножницы с пневмоприводом №1	6,574	25	16	ВА-13-25	296,00
Станок продольно-фрезерный №(2-3)	132,840	250	160	ВА 51-35	1 880,00
Станок продольно-Фрезерный №(4-5)	132,840	250	160	ВА 51-35	1 880,00
Станок горизонтально-расточной №(6-7)	49,007	63	63	ВА 13-29	685,00
Станок круглошлифовальный №(8-10)	34,215	63	40	ВА 13-29	685,00
Станок токарный №(11-15)	17,000	25	25	ВА-13-25	296,00
Станок вертикально-сверлильный №(16-18)	31,710	63	40	ВА 13-29	685,00
Пресс гидравлический №19	10,445	25	16	ВА-13-25	296,00
Конвейер тележечный №20	20,055	25	25	ВА-13-25	296,00
Вентилятор крышный №41	3,760	25	5	ВА-13-25	296,00
Вентилятор крышный №45	3,760	25	5	ВА-13-25	296,00
ШРА-1	94,26	250	125	ВА 51-35	1 880,00
ШРА-2	403,72	630	630	ВА 51-37	4 500,00

РАЗДЕЛ 7

РАСЧЁТ ПОТЕРЬ МОЩНОСТИ И НАПРЯЖЕНИЯ В ЦЕХОВОЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ

Потери мощности и напряжения в распределительной сети складываются из потерь в кабелях и шинопроводах.

7.1. Расчет потерь мощности в цеховой распределительной сети

Потери мощности в кабельной линии или в шинопроводе находим по формуле:

$$\Delta P = 3 \cdot I_{p.\max}^2 \cdot l \cdot r_{y\partial} \cdot 10^{-6},$$

$$\Delta Q = 3 \cdot I_{p.\max}^2 \cdot l \cdot x_{y\partial} \cdot 10^{-6},$$

где $I_{p.\max}$ - максимальный расчётный ток, А; l - длина кабельной линии или шинопровода, $r_{y\partial}, x_{y\partial}$ - удельное сопротивление кабельной линии или шинопровода, Ом/км;

Потери напряжения:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I_{p.\max} \cdot l \cdot r_{y\partial} \cdot \cos\varphi \cdot 10^{-3}.$$

Расчет потерь мощности представим в виде таблицы 7.1.1 и 7.1.2 для двух вариантов соответственно.

7.2. Расчет потерь напряжения в цеховой распределительной сети

Расчет потерь напряжения представим в виде таблиц 7.2.1 и 7.2.2 для двух вариантов соответственно:

Таблица 7.1.1

№ ЭП	Расчётный ток, А	Длина кабеля, м	Удельное сопротивление R, Ом/км	Потери мощности P, кВт	Удельное сопротивление X, Ом/км	Потери мощности Q, кВар
СП-1						
21	20,419	5,48	7,81	0,053535549	0,095	0,000651201
22	20,419	9,14	7,81	0,089291043	0,095	0,001086127
23	20,419	12,44	7,81	0,121529604	0,095	0,001478273
24	20,419	15,76	7,81	0,153963549	0,095	0,001872796
28	34,215	1,55	7,81	0,042514624	0,095	0,000517143
29	34,215	5,13	7,81	0,140709689	0,095	0,001711578
30	34,215	13,7	7,81	0,375774414	0,095	0,00457088
31	34,215	18,58	7,81	0,509626907	0,095	0,006199047
СП-1	73,049	8,39	1,95	0,261903927	0,0675	0,009065905
СП-2						
32	8,558	4,7	7,81	0,008065503	0,095	9,81079E-05
33	16,048	0,77	7,81	0,004646468	0,095	5,65191E-05
34	16,048	2,54	7,81	0,015327311	0,095	0,00018644
35	16,048	4,59	7,81	0,027697778	0,095	0,000336913
36	3,707	3,88	7,81	0,001249361	0,095	1,51971E-05
37	3,707	2,53	7,81	0,000814661	0,095	9,90944E-06
38	3,707	2,46	7,81	0,000792121	0,095	9,63527E-06
42	3,760	10,1	7,81	0,003346229	0,095	4,07032E-05
43	3,760	8,01	7,81	0,002653791	0,095	3,22804E-05
44	3,760	3,84	7,81	0,00127223	0,095	1,54753E-05
25	13,424	20,84	7,81	0,087987014	0,095	0,001070265
26	13,424	17,84	7,81	0,075320937	0,095	0,000916196
27	13,424	13,59	7,81	0,057377328	0,095	0,000697932
СП-2	43,439	35,09	5,21	1,034912801	0,09	0,017877572
СП-3						
39	99,935	3,47	1,25	0,129956787	0,0662	0,006882511
40	39,975	5,64	1,25	0,033798238	0,0662	0,001789955
СП-3	39,975	4,42	5,21	0,110398947	0,09	0,001907084
СП-4						
1	6,574	2,85	7,81	0,002885938	0,095	3,51042E-05
2	132,840	5,09	0,894	0,240898938	0,0637	0,017164723
3	132,840	9,49	0,894	0,449141634	0,0637	0,032002597
6	49,007	11,51	3,12	0,258739699	0,073	0,006053846
7	49,007	14,83	3,12	0,333371827	0,073	0,007800046
СП-4	133,032	8,18	0,894	0,388264311	0,0637	0,027664918
СП-5						
4	132,840	4,44	0,894	0,210135812	0,0637	0,014972764
5	132,840	9,76	0,894	0,461920163	0,0637	0,032913103
8	34,215	23,19	7,81	0,636073626	0,095	0,007737131
9	34,215	27,31	7,81	0,749080238	0,095	0,009111731
10	34,215	31,86	7,81	0,873881229	0,095	0,010629797
41	3,760	11,28	7,81	0,003737174	0,095	4,54586E-05
СП-5	161,819	8,19	0,625	0,402111736	0,0625	0,040211174
СП-6						
11	17,000	0,32	7,81	0,002166807	0,095	2,63568E-05
12	17,000	8,01	7,81	0,054237879	0,095	0,000659744
13	17,000	7,13	7,81	0,048279161	0,095	0,000587263
14	17,000	15,37	7,81	0,104074432	0,095	0,00126595
15	17,000	13,82	7,81	0,093578963	0,095	0,001138284
СП-6	29,226	15,49	7,81	0,309998851	0,095	0,003770793

№ ЭП	Расчётный ток, А	Длина кабеля, м	Удельное сопротивление R, Ом/км	Потери мощности P, кВт	Удельное сопротивление X, Ом/км	Потери мощности Q, кВАр
СП-7						
16	31,710	0,94	7,81	0,022146218	0,095	0,000269384
17	31,710	4,19	7,81	0,098715588	0,095	0,001200766
18	31,710	5,89	7,81	0,138767258	0,095	0,00168795
19	10,445	9,75	7,81	0,024924925	0,095	0,000303184
20	20,055	29,57	7,81	0,278665386	0,095	0,003389656
45	3,760	24,08	7,81	0,007977939	0,095	9,70428E-05
СП-7	54,968	19,38	3,12	0,548079721	0,073	0,01282366
				10,08632226		0,29265807

Таблица 7.1.2

№ ЭП	Расчётный ток, А	Длина, м	Удельное сопротивление R, Ом/км	Потери мощности P, кВт	Удельное сопротивление X, Ом/км	Потери мощности Q, кВт
ШРА-1						
21	20,4195	14,68	7,81	0,143412748	0,095	0,001744457
22	20,4195	14,66	0,894	0,016393895	0,0637	0,001168111
23	20,4195	18,93	0,894	0,021168925	0,0637	0,001508345
24	20,4195	19,62	0,894	0,021940534	0,0637	0,001563324
25	13,4238	23,71	0,894	0,011458794	0,0637	0,000816471
26	13,4238	14,83	3,12	0,025012988	0,073	0,00058524
27	13,4238	15,25	3,12	0,02572138	0,073	0,000601814
28	34,215	15,96	7,81	0,437763478	0,095	0,005324908
29	34,215	16,59	7,81	0,455043616	0,095	0,005535102
30	34,215	15,64	7,81	0,428986266	0,095	0,005218143
31	34,215	7,04	7,81	0,193098677	0,095	0,002348832
32	8,55816	2,9	7,81	0,004976587	0,095	6,05347E-05
33	16,0483	6,97	7,81	0,042059588	0,095	0,000511608
34	16,0483	2,9	7,81	0,017499685	0,095	0,000212864
35	16,0483	7,06	7,81	0,042602682	0,095	0,000518214
36	3,70717	10,68	7,81	0,003438963	0,095	4,18312E-05
37	3,70717	11,24	7,81	0,003619283	0,095	4,40246E-05
38	3,70717	11,71	7,81	0,003770623	0,095	4,58655E-05
39	99,9353	11,39	7,81	2,665227187	0,095	0,032419537
40	39,9753	3,74	7,81	0,140032091	0,095	0,001703335
42	3,76037	20,43	7,81	0,006768659	0,095	8,23332E-05
43	3,76037	3	7,81	0,000993929	0,095	1,209E-05
44	3,76037	3	3,12	0,000397063	0,073	9,29025E-06
От ШРА-1 к ТП	94,2689	36,2	0,329	0,31751407	0,0602	0,058098319
ШРА-2						
1	6,57408	8,83	7,81	0,008941346	0,095	0,000108762
2	132,84	8,13	7,81	3,361407489	0,095	0,040887799
3	132,84	8,95	7,81	3,700442438	0,095	0,045011784
4	132,84	9,84	7,81	4,068419396	0,095	0,049487816
5	49,0068	11,24	7,81	0,632485386	0,095	0,007693484
6	49,0068	11,05	7,81	0,621793907	0,095	0,007563434
7	49,0068	11,02	7,81	0,620105779	0,095	0,0075429
8	34,215	5,55	7,81	0,152229781	0,095	0,001851707
9	34,215	5,41	7,81	0,148389751	0,095	0,001804997
10	34,215	5,41	7,81	0,148389751	0,095	0,001804997
11	17	5,41	7,81	0,036632575	0,095	0,000445595
12	17	5,11	7,81	0,034601194	0,095	0,000420885
13	17	3,96	7,81	0,026814232	0,095	0,000326165

№ ЭП	Расчётный ток, А	Длина, м	Удельное сопротивление R, Ом/км	Потери мощности P, кВт	Удельное сопротивление X, Ом/км	Потери мощности Q, кВт
14	17	3,96	7,81	0,026814232	0,095	0,000326165
15	17	4,1	7,81	0,02776221	0,095	0,000337697
16	31,7103	7,28	7,81	0,171515388	0,095	0,002086295
17	31,7103	7,21	7,81	0,169866202	0,095	0,002066234
18	31,7103	8,41	7,81	0,198137969	0,095	0,002410129
19	10,4455	7,25	1,25	0,002966376	0,0662	0,000157099
20	20,0553	3,46	1,25	0,005218753	0,0662	0,000276385
41	3,76037	7,1	7,81	0,002352299	0,095	2,86131E-05
45	3,76037	6,52	7,81	0,00216014	0,095	2,62757E-05
ШРА-2 до ТП	403,724	15,24	0,447	3,331062578	0,0612	0,456064944
ШРА-1	94,2689	30	0,1	0,079979698	0,24	0,191951276
ШРА-2	403,724	30	0,1	1,466937315	0,24	3,520649556
				24,0743279		4,461505588

Таблица 7.2.1

Вариант 1

№ ЭП	Расчётный ток, А	cosφ	Длина кабеля, м	Удельное сопротивление R, Ом/км	sinφ	Удельное сопротивление X, Ом/км	Потери напряжения, В	Потери напряжения, %
СП-1								
СП-1	73,049	0,5689	8,39	1,95	0,82238	0,0675	1,237	0,325
21	20,419	0,6	5,48	7,81	0,8	0,095	2,160	0,568
22	20,419	0,6	9,14	7,81	0,8	0,095	2,776	0,731
23	20,419	0,6	12,44	7,81	0,8	0,095	3,332	0,877
24	20,419	0,6	15,76	7,81	0,8	0,095	3,891	1,024
28	34,215	0,55	1,55	7,81	0,83516	0,095	1,638	0,431
29	34,215	0,55	5,13	7,81	0,83516	0,095	2,567	0,675
30	34,215	0,55	13,7	7,81	0,83516	0,095	4,789	1,260
31	34,215	0,55	18,58	7,81	0,83516	0,095	6,054	1,593
СП-2								
СП-2	43,439	0,6356	35,09	5,21	0,77201	0,09	8,926	2,349
32	8,558	0,6	4,7	7,81	0,8	0,095	9,258	2,436
33	16,048	0,55	0,77	7,81	0,83516	0,095	9,020	2,374
34	16,048	0,55	2,54	7,81	0,83516	0,095	9,235	2,430
35	16,048	0,55	4,59	7,81	0,83516	0,095	9,484	2,496
36	3,707	0,5	3,88	7,81	0,86603	0,095	9,026	2,375
37	3,707	0,5	2,53	7,81	0,86603	0,095	8,991	2,366
38	3,707	0,5	2,46	7,81	0,86603	0,095	8,989	2,366
42	3,760	0,8	10,1	7,81	0,6	0,095	9,341	2,458
43	3,760	0,8	8,01	7,81	0,6	0,095	9,255	2,436
44	3,760	0,8	3,84	7,81	0,6	0,095	9,084	2,391
25	13,424	0,6	20,84	7,81	0,8	0,095	11,234	2,956
26	13,424	0,6	17,84	7,81	0,8	0,095	10,901	2,869
27	13,424	0,6	13,59	7,81	0,8	0,095	10,431	2,745
СП-3								
СП-3	39,975	0,6	4,42	5,21	0,8	0,09	0,979	0,258
39	99,935	0,6	3,47	1,25	0,8	0,0662	1,461	0,384
40	39,975	0,6	5,64	1,25	0,8	0,0662	1,292	0,340
СП-4								
СП-4	133,03	0,6012	8,18	0,894	0,79907	0,0637	1,109	0,292
1	6,57	0,65	2,85	7,81	0,75993	0,095	1,276	0,336

№ ЭП	Расчётный ток, А	cosφ	Длина кабеля, м	Удельное сопротивление R, Ом/км	sinφ	Удельное сопротивление X, Ом/км	Потери напряжения, В	Потери напряжения, %
2	132,84	0,6	5,09	0,894	0,8	0,0637	1,797	0,473
3	132,84	0,6	9,49	0,894	0,8	0,0637	2,392	0,629
6	49,01	0,6	11,51	3,12	0,8	0,073	2,995	0,788
7	49,01	0,6	14,83	3,12	0,8	0,073	3,539	0,931
СП-5								
СП-5	161,819	0,5955	8,19	0,625	0,80337	0,0625	0,970	0,255
4	132,840	0,6	4,44	0,894	0,8	0,0637	1,570	0,413
5	132,840	0,6	9,76	0,894	0,8	0,0637	2,289	0,602
8	34,215	0,55	23,19	7,81	0,83516	0,095	6,982	1,837
9	34,215	0,55	27,31	7,81	0,83516	0,095	8,050	2,118
10	34,215	0,55	31,86	7,81	0,83516	0,095	9,230	2,429
41	3,760	0,8	11,28	7,81	0,6	0,095	1,433	0,377
СП-6								
СП-6	29,226	0,5	15,49	7,81	0,86603	0,095	3,126	0,823
11	17,000	0,5	0,32	7,81	0,86603	0,095	3,164	0,833
12	17,000	0,5	8,01	7,81	0,86603	0,095	4,067	1,070
13	17,000	0,5	7,13	7,81	0,86603	0,095	3,964	1,043
14	17,000	0,5	15,37	7,81	0,86603	0,095	4,931	1,298
15	17,000	0,5	13,82	7,81	0,86603	0,095	4,749	1,250
СП-7								
СП-7	54,968	0,6033	19,38	3,12	0,7975	0,073	3,581	0,942
16	31,710	0,5	0,94	7,81	0,86603	0,095	3,786	0,996
17	31,710	0,5	4,19	7,81	0,86603	0,095	4,498	1,184
18	31,710	0,5	5,89	7,81	0,86603	0,095	4,870	1,282
19	10,445	0,6	9,75	7,81	0,8	0,095	4,421	1,163
20	20,055	0,75	29,57	7,81	0,66144	0,095	9,662	2,543
45	3,760	0,8	24,08	7,81	0,6	0,095	4,569	1,202

Таблица 7.2.2

Вариант 2

№ ЭП	Расчётный ток, А	cosφ	Длина кабеля, м	Удельное сопротивление R, Ом/км	sinφ	Удельное сопротивление X, Ом/км	Потери напряжения, В	Потери напряжения, %
ШРА-1								
От ШРА-1 к ТП	94,269	0,5974	36,2	0,329	0,801928	0,0602	1,447	0,381
ШРА-1	94,269	0,5974	30	0,1	0,801928	0,24	2,682	0,706
21	20,419	0,55	14,68	7,81	0,835165	0,095	4,954	1,304
22	20,419	0,6	14,66	0,894	0,8	0,0637	2,987	0,786
23	20,419	0,6	18,93	0,894	0,8	0,0637	3,076	0,809
24	20,419	0,6	19,62	0,894	0,8	0,0637	3,090	0,813
25	13,424	0,6	23,71	0,894	0,8	0,0637	3,006	0,791
26	13,424	0,6	14,83	3,12	0,8	0,073	3,348	0,881
27	13,424	0,6	15,25	3,12	0,8	0,073	3,367	0,886
28	34,215	0,55	15,96	7,81	0,835165	0,095	6,820	1,795
29	34,215	0,55	16,59	7,81	0,835165	0,095	6,984	1,838
30	34,215	0,55	15,64	7,81	0,835165	0,095	6,737	1,773
31	34,215	0,5	7,04	7,81	0,866025	0,095	4,346	1,144
32	8,558	0,5	2,9	7,81	0,866025	0,095	2,854	0,751
33	16,048	0,5	6,97	7,81	0,866025	0,095	3,455	0,909
34	16,048	0,5	2,9	7,81	0,866025	0,095	3,004	0,791
35	16,048	0,5	7,06	7,81	0,866025	0,095	3,465	0,912
36	3,707	0,5	10,68	7,81	0,866025	0,095	2,956	0,778

№ ЭП	Расчётный ток, А	cosφ	Длина кабеля, м	Удельное сопротивление R, Ом/км	sinφ	Удельное сопротивление X, Ом/км	Потери напряжения, В	Потери напряжения, %
37	3,707	0,5	11,24	7,81	0,866025	0,095	2,970	0,782
38	3,707	0,5	11,71	7,81	0,866025	0,095	2,982	0,785
39	99,935	0,6	11,39	7,81	0,8	0,095	12,071	3,177
40	39,975	0,75	3,74	7,81	0,661438	0,095	4,216	1,109
42	3,760	0,8	20,43	7,81	0,6	0,095	3,521	0,927
43	3,760	0,8	20,43	7,81	0,6	0,095	5,793	1,524
44	3,760	0,8	3	7,81	0,6	0,095	2,806	0,738
ШРА-2								
ШРА-2 до ТП	403,724	0,5926	15,24	0,447	0,805494	0,0612	3,348	0,881
ШРА-2	403,724	0,5926	30	0,1	0,805494	0,24	8,647	2,276
1	6,574	0,65	8,83	7,81	0,759934	0,095	9,165	2,412
2	132,840	0,6	8,13	7,81	0,8	0,095	17,555	4,620
3	132,840	0,6	8,95	7,81	0,8	0,095	18,453	4,856
4	132,840	0,6	9,84	7,81	0,8	0,095	19,428	5,113
5	49,007	0,6	11,24	7,81	0,8	0,095	13,190	3,471
6	49,007	0,6	11,05	7,81	0,8	0,095	13,113	3,451
7	49,007	0,6	11,02	7,81	0,8	0,095	13,101	3,448
8	34,215	0,55	5,55	7,81	0,835165	0,095	10,086	2,654
9	34,215	0,55	5,41	7,81	0,835165	0,095	10,050	2,645
10	34,215	0,55	5,41	7,81	0,835165	0,095	10,050	2,645
11	17,000	0,55	5,41	7,81	0,835165	0,095	9,344	2,459
12	17,000	0,6	5,11	7,81	0,8	0,095	9,363	2,464
13	17,000	0,55	3,96	7,81	0,835165	0,095	9,157	2,410
14	17,000	0,55	3,96	7,81	0,835165	0,095	9,157	2,410
15	17,000	0,55	4,1	7,81	0,835165	0,095	9,175	2,414
16	31,710	0,5	7,28	7,81	0,866025	0,095	10,241	2,695
17	31,710	0,5	7,21	7,81	0,866025	0,095	10,226	2,691
18	31,710	0,5	8,41	7,81	0,866025	0,095	10,489	2,760
19	10,445	0,6	7,25	1,25	0,8	0,0662	8,752	2,303
20	20,055	0,6	3,46	1,25	0,8	0,0662	8,743	2,301
41	3,760	0,8	7,1	7,81	0,6	0,095	8,938	2,352
45	3,760	0,8	6,52	7,81	0,6	0,095	8,915	2,346

7.3. Расчет токов короткого замыкания в сети ниже 1000 В

Расчет трехфазного КЗ.

При расчёте учитываем переходное сопротивление контактов, которое равно:

0,02 - для первичных цеховых РП, а также на зажимах аппаратов, питаемых радиальными линиями от щитов подстанций или главных магистралей;

0,025 – для вторичных цеховых РП, а также на зажимах аппаратов, питаемых от первичных РП.

Сопротивление системы равно 0,00789 (см. табл. 5.7.2).

Расчёт токов КЗ в цеховой распределительной цепи запишем в виде таблицы 7.3.1

Таблица 7.3.1

№ ЭП	Длина кабеля, м	Руд, Ом/км	Худ, Ом/км	Рдоб, Ом	Суммарное сопротивление		Ток КЗ, кА	Та	Куд	Ударный ток, кА
					Р, Ом	Х, Ом				
СП-1										
СП-1	8,390	1,95	0,0675	0,02	0,0541	0,0191	3,706	0,353	1	5,22606
21	5,480	7,81	0,095	0,025	0,1397	0,0382	1,469	0,274	1	2,07147
22	9,140	7,81	0,095	0,025	0,1682	0,0386	1,232	0,229	1	1,73767
23	12,440	7,81	0,095	0,025	0,194	0,0389	1,075	0,200	1	1,51578
24	15,760	7,81	0,095	0,025	0,2199	0,0392	0,952	0,178	1	1,34252
28	1,550	7,81	0,095	0,025	0,109	0,0378	1,844	0,347	1	2,60024
29	5,130	7,81	0,095	0,025	0,1369	0,0382	1,496	0,279	1	2,11
30	13,700	7,81	0,095	0,025	0,2039	0,039	1,025	0,191	1	1,44509
31	18,580	7,81	0,095	0,025	0,242	0,0395	0,868	0,163	1	1,22338
СП-2										
СП-2	35,090	5,21	0,09	0,02	0,2206	0,0217	0,960	0,098	1	1,35326
32	4,700	7,81	0,095	0,025	0,3	0,0407	0,703	0,136	1	0,9906
33	0,770	7,81	0,095	0,025	0,2693	0,0404	0,781	0,150	1	1,10132
34	2,540	7,81	0,095	0,025	0,2832	0,0405	0,744	0,143	1	1,04856
35	4,590	7,81	0,095	0,025	0,2992	0,0407	0,705	0,136	1	0,9934
36	3,880	7,81	0,095	0,025	0,2936	0,0406	0,718	0,138	1	1,01184
37	2,530	7,81	0,095	0,025	0,2831	0,0405	0,744	0,143	1	1,04884
38	2,460	7,81	0,095	0,025	0,2825	0,0405	0,745	0,143	1	1,05084
42	10,100	7,81	0,095	0,025	0,3422	0,0412	0,617	0,121	1	0,87018
43	8,010	7,81	0,095	0,025	0,3259	0,041	0,648	0,126	1	0,91317
44	3,840	7,81	0,095	0,025	0,2933	0,0406	0,718	0,139	1	1,0129
25	20,840	7,81	0,095	0,025	0,4261	0,0423	0,497	0,099	1	0,70049
26	17,840	7,81	0,095	0,025	0,4026	0,042	0,525	0,104	1	0,74088
27	13,590	7,81	0,095	0,025	0,3695	0,0416	0,572	0,113	1	0,80672
СП-3										
СП-3	4,420	5,21	0,09	0,02	0,0608	0,019	3,341	0,312	1	4,71099
39	3,470	1,25	0,0662	0,025	0,1079	0,0377	1,861	0,350	1	2,62453
40	5,640	1,25	0,0662	0,025	0,1106	0,0379	1,820	0,343	1	2,56592
СП-4										
СП-4	8,180	0,894	0,0637	0,02	0,0451	0,0191	4,347	0,423	1	6,12901
1	2,850	7,81	0,095	0,025	0,1101	0,0379	1,827	0,344	1	2,57634
2	5,090	0,894	0,0637	0,025	0,0924	0,038	2,130	0,411	1	3,00346
3	9,490	0,894	0,0637	0,025	0,0963	0,0382	2,053	0,397	1	2,8947
6	11,510	3,12	0,073	0,025	0,1237	0,0385	1,642	0,311	1	2,31481
7	14,830	3,12	0,073	0,025	0,1341	0,0387	1,524	0,289	1	2,14908
СП-5										
СП-5	8,190	0,625	0,0625	0,02	0,0429	0,0191	4,534	0,445	1	6,39241
4	4,440	0,894	0,0637	0,025	0,0896	0,0379	2,187	0,423	1	3,08314
5	9,760	0,894	0,0637	0,025	0,0943	0,0383	2,089	0,405	1	2,94614
8	23,190	7,81	0,095	0,025	0,2667	0,0398	0,789	0,149	1	1,11213
9	27,310	7,81	0,095	0,025	0,2989	0,0402	0,705	0,135	1	0,99445
10	31,860	7,81	0,095	0,025	0,3344	0,0407	0,631	0,122	1	0,89025
41	11,280	7,81	0,095	0,025	0,1737	0,0387	1,195	0,223	1	1,68524
СП-6										
СП-6	15,490	7,81	0,095	0,02	0,1587	0,02	1,330	0,126	1	1,87473
11	0,320	7,81	0,095	0,025	0,204	0,0386	1,025	0,189	1	1,44475
12	8,010	7,81	0,095	0,025	0,264	0,0394	0,797	0,149	1	1,12354
13	7,130	7,81	0,095	0,025	0,2572	0,0393	0,818	0,153	1	1,15294
14	15,370	7,81	0,095	0,025	0,3215	0,0401	0,657	0,125	1	0,92571
15	13,820	7,81	0,095	0,025	0,3094	0,0399	0,682	0,129	1	0,9614
СП-7										
СП-7	19,380	3,12	0,073	0,02	0,0982	0,02	2,122	0,203	1	2,99254
16	0,940	7,81	0,095	0,025	0,1483	0,0386	1,388	0,260	1	1,95708

№ ЭП	Длина кабеля, м	R _{уд} , Ом/км	X _{уд} , Ом/км	R _{доб} , Ом	Суммарное сопротивление		Ток КЗ, кА	Т _а	Куд	Ударный ток, кА
					R, Ом	X, Ом				
17	4,190	7,81	0,095	0,025	0,1737	0,0389	1,195	0,224	1	1,68501
18	5,890	7,81	0,095	0,025	0,187	0,0391	1,114	0,209	1	1,57023
19	9,750	7,81	0,095	0,025	0,2171	0,0395	0,964	0,182	1	1,35918
20	29,570	7,81	0,095	0,025	0,3719	0,0413	0,568	0,111	1	0,80153
45	24,080	7,81	0,095	0,025	0,329	0,0408	0,642	0,124	1	0,90462

Расчет однофазного короткого замыкания:

Ток однофазного короткого замыкания согласно ПУЭ [5] определяют по приближенной формуле:

$$I_{КЗ}^{(1)} = \frac{U_{\phi}}{\frac{Z_T}{3} + Z_n},$$

где U_{ϕ} – фазное номинальное напряжение сети, кВ; Z_n – полное сопротивление петли фаза – нуль, которое включает в себя сопротивление шин, кабелей, аппаратов и контактов, мОм. Z_T – полное сопротивление трансформатора при однофазном КЗ, мОм, которое приведено в таблице 4.6 [8].

$$Z_T = 0,014 \text{ Ом для ТМ-1600,}$$

$$Z_{II} = \sqrt{(R_{\phi} + R_{\delta} + R_n + R_{TT} + R_A)^2 + (X' + X'' + X_C + X_{TT} + X_A)^2},$$

где R_{ϕ} , R_n - суммарные активные сопротивления фазного и нулевого проводов всех участков рассчитываемой цепочки (ТП - ЭП - ТП).

Для проводов из цветных металлов R_{ϕ} и R_n равны омическому сопротивлению при $f = 50$ Гц ($R = \frac{1}{\gamma} \cdot l / S$); R_{δ} - сопротивление дуги в точке КЗ принимается равным 0,03 Ом; R_{TT} , X_{TT} - активное и индуктивное сопротивление трансформатора тока $R_{TT} = 0,00015$ Ом; $X_{TT} = 0,00021$ Ом; R_A , X_A - активное и индуктивное сопротивление автоматических выключателей; X_C - сопротивление питающей системы, принимается равным 0,0032 Ом при мощности КЗ системы 100 и 200 МВА; X' - внешнее индуктивное

сопротивление петли фаза-нуль, принимается равным 0,6 Ом/км; X'' - внутреннее индуктивное сопротивление проводов зануления. Учитывается только для проводов, выполненных из стали.

$$\text{Ударный ток короткого замыкания: } i_{y\delta} = \kappa_{y\delta} \cdot \sqrt{2} \cdot I_k.$$

Установка	Исходные параметры					Значение	
	Uном.н, В	Uном.в, В	Iк, А			г, мОм	х, мОм
система	400	10500	12547			-	7,98
трансформатор	Uном.н, В	Uном.в, В	Стр, кВА	Uк.тр, %	dPк, кВт	г, мОм	х, мОм
	400	10500	1600	5,5	7,6	3,064	13,968

Расчет токов КЗ сведен в таблицу 7.3.2.

Таблица 7.3.2

№ ЭП	Длина кабеля, м	Zуд, Ом/км	Rдоб, Ом	Суммарное Сопротивление Z, Ом	Ток КЗ, кА	Куд	Ударный ток, кА
СП-1							
СП-1	8,390	1,29	0,02	0,039	2,965	1	4,181
21	5,480	15,8	0,025	0,119	1,175	1	1,657
22	9,140	15,8	0,025	0,177	0,986	1	1,390
23	12,440	15,8	0,025	0,229	0,86	1	1,213
24	15,760	15,8	0,025	0,282	0,762	1	1,074
28	1,550	15,8	0,025	0,057	1,475	1	2,080
29	5,130	15,8	0,025	0,114	1,197	1	1,688
30	13,700	15,8	0,025	0,249	0,82	1	1,156
31	18,580	15,8	0,025	0,326	0,694	1	0,979
СП-2							
СП-2	35,090	6,32	0,02	0,25	0,768	1	1,083
32	4,700	15,8	0,025	0,107	0,562	1	0,792
33	0,770	15,8	0,025	0,045	0,625	1	0,881
34	2,540	15,8	0,025	0,073	0,595	1	0,839
35	4,590	15,8	0,025	0,105	0,564	1	0,795
36	3,880	15,8	0,025	0,094	0,574	1	0,809
37	2,530	15,8	0,025	0,073	0,595	1	0,839
38	2,460	15,8	0,025	0,072	0,596	1	0,841
42	10,100	15,8	0,025	0,192	0,494	1	0,696
43	8,010	15,8	0,025	0,159	0,518	1	0,731
44	3,840	15,8	0,025	0,094	0,575	1	0,810
25	20,840	15,8	0,025	0,362	0,397	1	0,560
26	17,840	15,8	0,025	0,315	0,42	1	0,593
27	13,590	15,8	0,025	0,248	0,458	1	0,645
СП-3							
СП-3	4,420	6,32	0,02	0,056	2,673	1	3,769
39	3,470	1,29	0,025	0,037	1,489	1	2,100
40	5,640	1,29	0,025	0,04	1,456	1	2,053
СП-4							
СП-4	8,180	1,29	0,02	0,038	3,477	1	4,903
1	2,850	15,8	0,025	0,078	1,462	1	2,061
2	5,090	1,29	0,025	0,039	1,704	1	2,403

№ ЭП	Длина кабеля, м	Zуд, Ом/км	Rдоб, Ом	Суммарное Сопротивление Z, Ом	Ток КЗ, кА	Куд	Ударный ток, кА
3	9,490	1,29	0,025	0,045	1,642	1	2,316
6	11,510	10,5	0,025	0,154	1,313	1	1,852
7	14,830	10,5	0,025	0,189	1,219	1	1,719
СП-5							
СП-5	8,190	1,29	0,02	0,038	3,627	1	5,114
4	4,440	1,29	0,025	0,039	1,749	1	2,467
5	9,760	1,29	0,025	0,045	1,672	1	2,357
8	23,190	15,8	0,025	0,399	0,631	1	0,890
9	27,310	15,8	0,025	0,464	0,564	1	0,796
10	31,860	15,8	0,025	0,536	0,505	1	0,712
41	11,280	15,8	0,025	0,211	0,956	1	1,348
СП-6							
СП-6	15,490	15,8	0,02	0,273	1,064	1	1,500
11	0,320	15,8	0,025	0,038	0,82	1	1,156
12	8,010	15,8	0,025	0,159	0,637	1	0,899
13	7,130	15,8	0,025	0,146	0,654	1	0,922
14	15,370	15,8	0,025	0,276	0,525	1	0,741
15	13,820	15,8	0,025	0,251	0,545	1	0,769
СП-7							
СП-7	19,380	15,8	0,02	0,334	1,698	1	2,394
16	0,940	15,8	0,025	0,048	1,11	1	1,566
17	4,190	15,8	0,025	0,099	0,956	1	1,348
18	5,890	15,8	0,025	0,126	0,891	1	1,256
19	9,750	15,8	0,025	0,187	0,771	1	1,087
20	29,570	15,8	0,025	0,5	0,455	1	0,641
45	24,080	15,8	0,025	0,413	0,513	1	0,724

7.4. Проверка основного оборудования сети

Проверку оборудования осуществляем по условиям электродинамической стойкости. При этом должно выполняться условие:

$$i_{y\partial} \leq I_{\text{эс}},$$

где $I_{\text{эс}}$ - ток электродинамической стойкости, А;

Проверка автоматических выключателей.

Проверяем автоматические выключатели по условиям электродинамической стойкости, по наибольшей отключающей способности. В сети установлены автоматические выключатели серии ВА, у которых наименьшая отключающая способность $I_{\text{эс}} = 12$ кА.

Выбираем максимальный ударный ток из необходимых для проверки, $i_{y\partial} = 6,39$ кА.

Проверяем по наибольшей отключающей способности:

$$i_{y\partial} = 6,39 < 12 \text{ кА};$$

Выбранный выключатель удовлетворяет условиям проверки. Из этого можно сделать вывод, что для остальных выключателей условие также выполняется.

Проверка оборудования 10кВ.

Проверяем выключатели ВВТЭ-М-10-12,5/630.

Проверяем по предельному сквозному току:

$$i_{y\partial} \leq I_{cm};$$

$$6,32 \leq 45.$$

Условие выполняется

Проверяем по допустимому току включения:

$$i_{y\partial} \leq I_{ome};$$

$$6,32 \leq 20.$$

Условие выполняется

Делаем вывод, что коммутационная аппаратура выбрана верно.

РАЗДЕЛ 8

АНАЛИЗ КАЧЕСТВА НАПРЯЖЕНИЯ ЦЕХОВОЙ СЕТИ И РАСЧЕТ ОТКЛОНЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ ХАРАКТЕРНЫХ ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКОВ

Качество напряжение зависит от потерь напряжения в отдельных элементах питающей сети. Отклонения напряжения согласно ГОСТ не должны выходить за пределы:

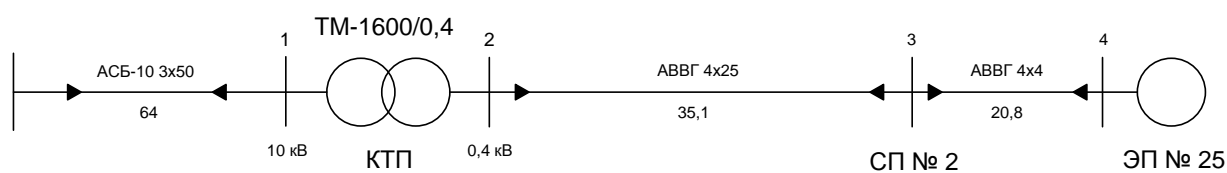
- 1) $(-2,5 \div +5)$ % от $U_{ном}$ – для освещения;
- 2) $(-5 \div +10)$ % от $U_{ном}$ – на зажимах двигателей;
- 3) $(-5 \div +5)$ % от $U_{ном}$ – на зажимах остальных электроприемников.

Отклонение напряжения на каждом участке определяем по формуле:

$$V = \left[\frac{(U_{ин} - \Delta U_{участка}) - U_{ном}}{U_{ном}} \right] \cdot 100 \%$$

Отклонения напряжения будем рассчитывать в максимальном и минимальном режиме для самого мощного и самого удаленного электроприемника от ЦТП.

8.1. Отклонение напряжения от источника питания до самого удалённого электроприемника №25



Расчет максимального режима

Сторона ВН.

Схема сети на стороне ВН.

$$U_{ин} = 10500 \text{ В,}$$

$$\begin{aligned} \Delta U_{кЛ} &= \sqrt{3} \cdot I_{кЛ} \cdot l \cdot (r_{уд} \cdot \cos\varphi + x_{уд} \cdot \sin\varphi) = \\ &= \sqrt{3} \cdot 54,46 \cdot 0,064 \cdot (0,62 \cdot 0,56 + 0,09 \cdot 0,83) = 2,55 \text{ В} \end{aligned}$$

$$U_1 = U_{ин} - \Delta U_{кл} = 10500 - 2,55 = 10497,45 \text{ В.}$$

$$V_1 = \left[\frac{10497,45 - 10000}{10000} \right] \cdot 100 = 4,97 \%$$

Потери напряжения в трансформаторе

$$\Delta U_{mp} = \beta \cdot (U_a \cdot \cos \alpha + U_e \cdot \sin \alpha),$$

где U_a, U_e – активная и реактивная составляющая напряжения, β – коэффициент загрузки.

$$U_a = \frac{\Delta P_{\kappa}}{S_{ном}} \cdot 100\% = \frac{16,5}{1600} \cdot 100\% = 1,03 \%,$$

$$U_p = \sqrt{U_{\kappa}^2 - U_a^2} = \sqrt{5,5^2 - 1,03^2} = 5,4 \%,$$

$$\beta = \frac{S_{расч}}{S_{ном}} = \frac{1788}{1600} = 1,12,$$

$$\alpha = U_0 / U_{ном} = 380 / 400 = 0,95,$$

$$\Delta U_T = \alpha \cdot \beta \cdot (U_a \cdot \cos \varphi + U_p \cdot \sin \varphi)$$

$$\Delta U_T = 0,95 \cdot 1,12 \cdot (1,03 \cdot 0,56 + 5,4 \cdot 0,83) = 5,38,$$

$$V_2 = V_1 - \Delta U_{mp} = 4,97 - 5,38 = -0,41 \%,$$

$$U_2 = V_2 \cdot \frac{10000}{100} + 10000 = -0,41 \cdot \frac{10000}{100} + 10000 = 9959 \text{ В,}$$

Приведем напряжения U_3 к стороне 0,4 кВ:

$$U_2^* = \frac{U_2}{K_{тр}} = 9959 \cdot \frac{0,38}{10} = 378,44 \text{ В.}$$

Суммарные потери в кабельных линиях от СП до шины подстанции:

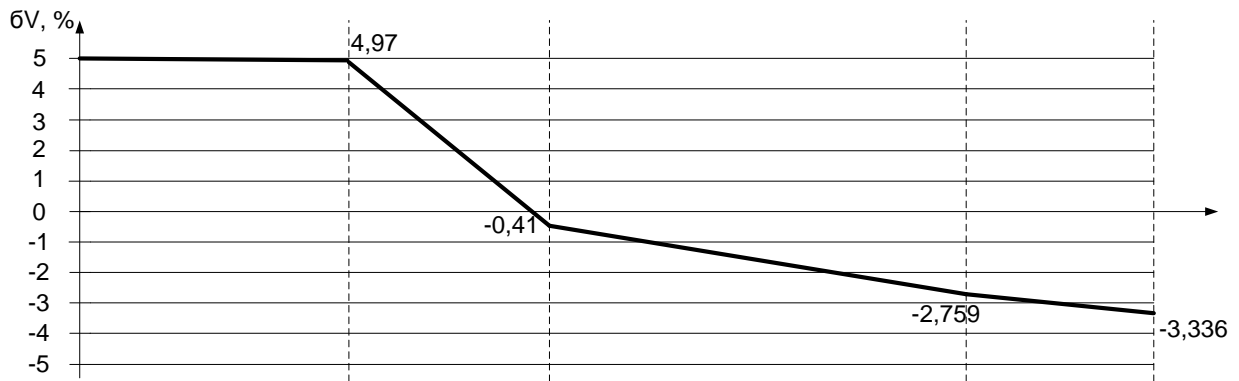
$$V_3 = V_2 - \Delta U_{кл} = -0,41 - 2,349 = -2,759 \%$$

Суммарные потери в кабельных линиях от ЭП до шины подстанции:

$$V_4 = V_3 - \Delta U_{кл} = -2,759 - 0,607 = -3,336 \%$$

Диаграмма отклонений напряжения для ЭП №25

Максимальный режим



Отклонения напряжения не превышают допустимые:

$$-5\% \leq -3,336\% \leq 5\% .$$

Расчет минимального режима

Сторона ВН.

По годовому графику вычисляем соотношение мощностей между между максимальным и минимальным режимом:

$$\frac{P_{\min}}{P_{\max}} = 0,6$$

Пересчитываем отклонения напряжения на стороне ВН

$$U_{un} = 10000 \text{ В.}$$

Т.к. токи и потери напряжения прямо пропорциональны мощности, то для любых величин в минимальном режиме выполняются условия:

$$\Delta U_{кл} = 0,6 \cdot \Delta U_{кл.max} = 0,6 \cdot 2,55 = 1,53 \text{ В,}$$

$$U_1 = U_{un} - \Delta U_{кл} = 10000 - 1,53 = 9998,47 \text{ В,}$$

$$V_1 = \left[\frac{9998,47 - 10000}{10000} \right] \cdot 100 = -0,02\% .$$

Потери напряжения в трансформаторе

$$\Delta U_{тр} = 0,6 \cdot \Delta U_{тр.max} = 0,6 \cdot 5,38 = 3,23\% ,$$

$$V_2 = V_1 - \Delta U_{тр} = -0,015 - 3,23 = -3,25\% ,$$

$$U_2 = V_2 \cdot \frac{10000}{100} + 10000 = -3,25 \cdot \frac{10000}{100} + 10000 = 9675 \text{ В.}$$

Приведем напряжения U_3 к стороне 0,4 кВ:

$$U_2^* = \frac{U_2}{K_{mp}} = 9675 \cdot \frac{0,38}{10} = 367,65 \text{ В.}$$

Суммарные потери в кабельных линиях от СП до шины подстанции:

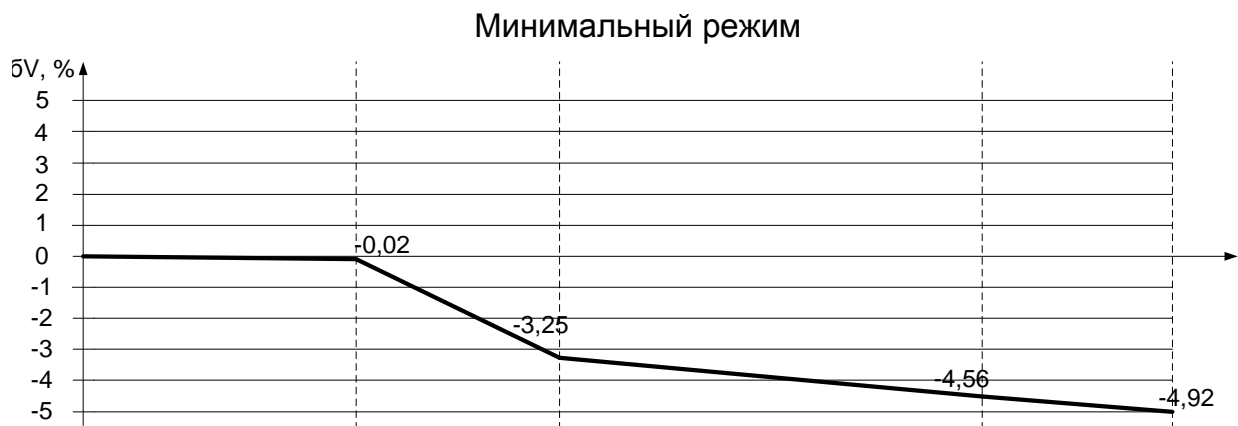
$$V_3 = V_2 - \Delta U_{кл} = -3,25 - 0,6 \cdot 2,249 = -4,56 \text{ \%}.$$

Суммарные потери в кабельных линиях от ЭП до шины подстанции:

$$V_4 = V_3 - \Delta U_{кл} = -4,56 - 0,6 \cdot 0,607 = -4,92 \text{ \%},$$

$$V_2 = V_1 - \Delta U_{mp} = -0,015 - 3,23 = -3,25 \text{ \%}.$$

Диаграмма отклонений напряжения для ЭП №25.



Отклонения напряжения не превышают допустимые:

$$-5\% \leq -4,92\% \leq 5\%.$$

Расчет послеаварийного режима.

В качестве послеаварийного режима принимаем выход из строя одного трансформатора.

Напряжение источника питания принимаем $U_{ин} = 1,1 \cdot U_{ном}$.

Сторона ВН.

$$U_{ин} = 11000 \text{ В},$$

$$\begin{aligned} \Delta U_{кл} &= \sqrt{3} \cdot I_{кл} \cdot l \cdot (r_{уд} \cdot \cos \varphi + x_{уд} \cdot \sin \varphi) = \\ &= \sqrt{3} \cdot 108,92 \cdot 0,064 \cdot (0,62 \cdot 0,56 + 0,09 \cdot 0,83) = 5,1 \text{ В} \end{aligned}$$

$$U_1 = U_{ин} - \Delta U_{кл} = 1000 - 5,1 = 10994,9 \text{ В},$$

$$V_1 = \left[\frac{10994,9 - 10000}{10000} \right] \cdot 100 = 9,95,$$

$$\Delta U_{mp} = 0,95 \cdot 1,12 \cdot (1,03 \cdot 0,56 + 5,4 \cdot 0,83) = 5,38,$$

$$V_2 = V_1 - \Delta U_{mp} = 9,95 - 5,38 = 4,57\%,$$

$$U_2 = V_2 \cdot \frac{10000}{100} + 10000 = 4,57 \cdot \frac{10000}{100} + 10000 = 10457 \text{ В.}$$

Приведем напряжения U_2 к стороне 0,4 кВ:

$$U_2^* = \frac{U_2}{K_{mp}} = 10457 \cdot \frac{0,38}{10} = 397,4 \text{ В.}$$

Суммарные потери в кабельных линиях от СП до шины подстанции:

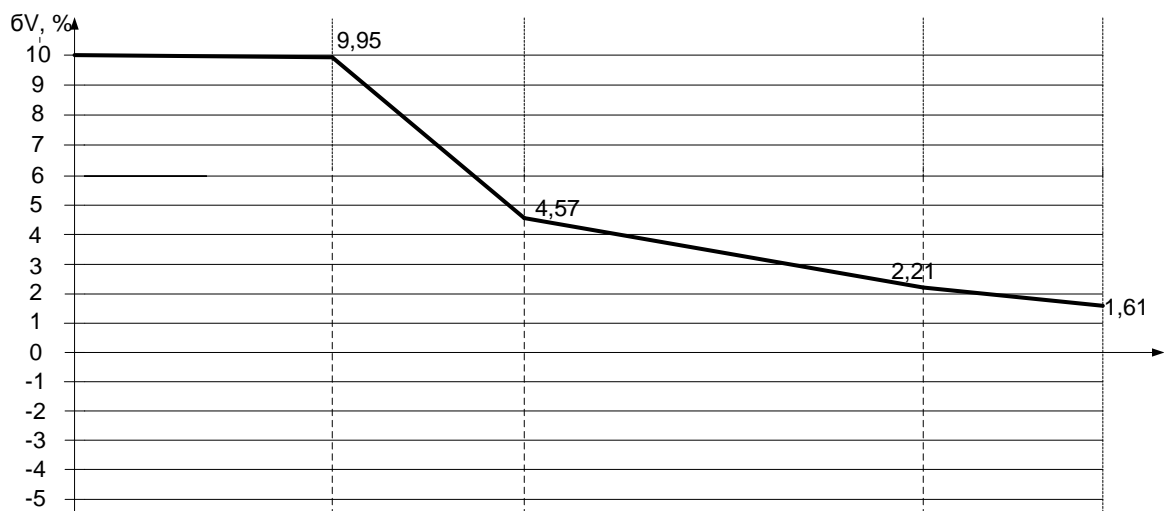
$$V_3 = V_2 - \Delta U_{кл} = 4,57 - 2,349 = 2,221 \text{ \%}.$$

Суммарные потери в кабельных линиях от ЭП до шины подстанции:

$$V_4 = V_3 - \Delta U_{кл} = 2,221 - 0,607 = 1,61 \text{ \%}.$$

Диаграмма отклонений напряжения для ЭП №25.

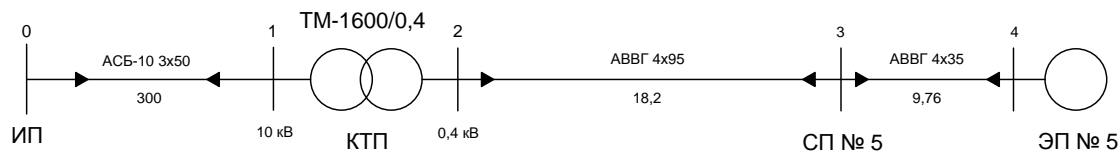
Послеаварийный режим



Отклонения напряжения не превышают допустимые:

$$-5\% \leq 1,61\% \leq 5\% .$$

8.2 Отклонение напряжения от источника питания до самого мощного электроприемника №5



Так как ЭП №25 и ЭП №5 питаются от шин НН одной КТП, расчет будем производить только для точек 3 и 4.

Расчет максимального режима

Суммарные потери в кабельных линиях от СП до шины подстанции:

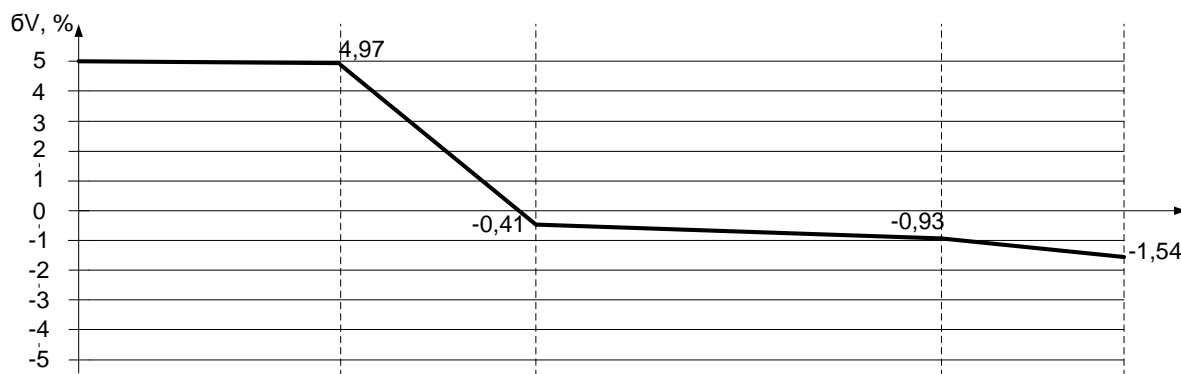
$$V_3 = V_2 - \Delta U_{кл} = -0,41 - 0,52 = -0,93 \%,$$

Суммарные потери в кабельных линиях от ЭП до шины подстанции:

$$V_4 = V_3 - \Delta U_{кл} = -0,93 - 0,61 = -1,54 \%.$$

Диаграмма отклонений напряжения для ЭП №5.

Максимальный режим



Отклонения напряжения не превышают допустимые:

$$-5\% \leq -1,54\% \leq 5\% .$$

Расчет минимального режима

Суммарные потери в кабельных линиях от СП до шины подстанции:

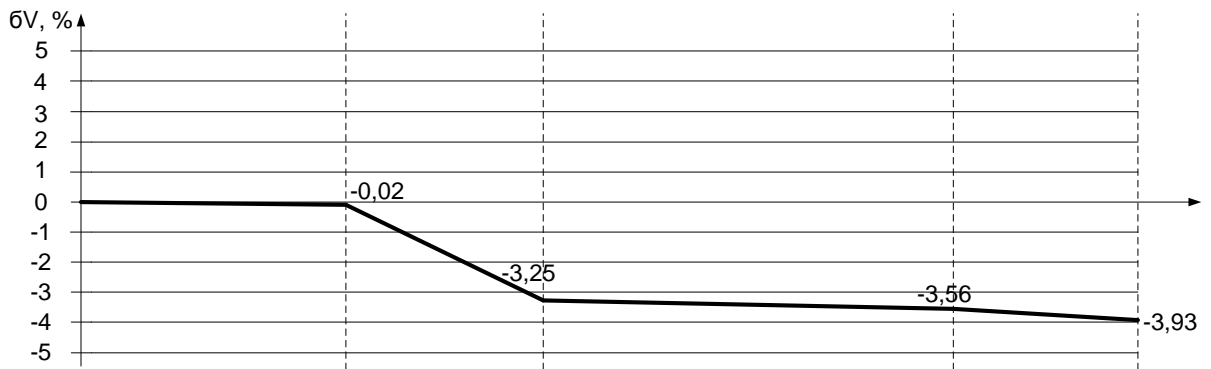
$$V_3 = V_2 - \Delta U_{кл} = -3,25 - 0,6 \cdot 0,52 = -3,56 \% .$$

Суммарные потери в кабельных линиях от ЭП до шины подстанции:

$$V_4 = V_3 - \Delta U_{кл} = -3,56 - 0,6 \cdot 0,61 = -3,93 \% .$$

Диаграмма отклонений напряжения для ЭП №5.

Минимальный режим



Отклонения напряжения не превышают допустимые:

$$-5\% \leq -4,92\% \leq 5\% .$$

Расчет послеаварийного режима

Суммарные потери в кабельных линиях от СП до шины подстанции:

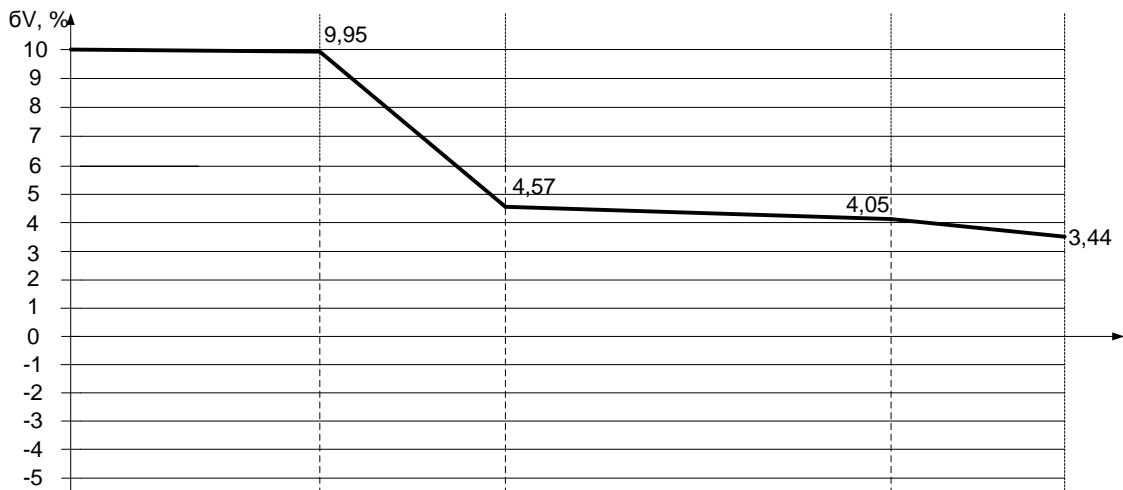
$$V_3 = V_2 - \Delta U_{кл} = 4,57 - 0,52 = 4,05 \% .$$

Суммарные потери в кабельных линиях от ЭП до шины подстанции:

$$V_4 = V_3 - \Delta U_{кл} = 4,05 - 0,61 = 3,44 \% .$$

Диаграмма отклонений напряжения для ЭП №5

Послеаварийный режим



Отклонения напряжения не превышают допустимые:

$$-5\% \leq 3,44\% \leq 5\% .$$

РАЗДЕЛ 9

КОНСТРУКТИВНОЕ ИСПОЛНЕНИЕ ЦЕХОВОЙ СЕТИ И ПОДСТАНЦИИ

Источником питания проектируемого завода по изготовлению двигателей малой мощности является главная понизительная подстанция ГПП, которая в свою очередь получает питание от подстанции энергосистемы, удаленной от территории завода на расстояние 11 км.

Главная понизительная подстанция завода ГПП-110-II-2x6300. А получает питание по воздушной линии 110 кВ, выполненная железобетонными опорами, со сталеалюминевыми проводами сечением алюминиевой жилы 70 мм^2 , стальной жилы 11 мм^2 , АС-70. На ГПП установлены два понизительных трансформатора с РПН марки ТМ-6300/110 с напряжением 115/10,5 кВ. Схема ГПП основана на блочном принципе, без сборных шин и выключателей на высшем напряжении. Используется схема с разъединителями, отделителями и короткозамыкателями на высокой стороне, так как она наиболее проста и экономична. Для распределительного устройства 10 кВ используем схему с одной секционированной системой шин. Две секции работают отдельно и получают питание от отдельного трансформатора. В нормальном режиме секционный выключатель отключен. В качестве РУ 10 кВ используется комплектное распределительное устройство КРУ, которое состоит из закрытых шкафов со встроенными в них аппаратами, измерительными, защитными приборами, трансформаторами собственных нужд и вспомогательными устройствами.

От ГПП получают питание цеховые комплектные трансформаторные подстанции КТП. На заводе используется четыре КТП 2x1600/10/0,4-II-K-U3. Питание осуществляется кабельными линиями. В качестве кабеля используется трехжильный алюминиевый кабель марки АСБ, который проложен в земле на глубине 0,7 метров в траншее. Все кабельные линии защищены вакуумными выключателями ВВТЭ-М-10-12,5/630У2, выключателями нагрузки ВНР-

10/400-20 и плавкими предохранителями ПКТ104-10-20УЗ. На высшем напряжении 10 кВ применяем схему с одной системой шин.

Внутрицеховое электроснабжение механо-прессового цеха выполнено по схеме: силовые пункты – кабели питающие отдельные электроприемники. Во всех случаях применяется кабель марки АВВГ. Силовые пункты выбраны навесного исполнения (1,5 м над уровнем пола).

Рабочее освещение выполнено лампами ДРЛ в светильниках типа РСП05, которые получают питание от одного осветительного щита типа ЩО31-21. Главный щит освещения получает питание непосредственно от шины 0,4 кВ трансформаторной подстанции КТП по кабельной линии, в качестве которой используется четырехжильный кабель марки АВВГ с сечением 10 мм².

Аварийное освещение выполнено лампами накаливания типа НВ220-200 в светильниках НСП 03, получающие питание от осветительного щитка типа ОЩВ-6, количество отходящих линий - 6. Щиток освещения получает питание от независимого источника питания по кабельной линии, в качестве которой используется четырехжильный кабель марки АВВГ с сечением жилы 10 мм².

Защита отдельных электроприемников и силовых пунктов от токов КЗ осуществляется автоматическими выключателями серии ВА. На КТП установлены автоматические выключатели серии Электрон, в качестве вводного выключателя ЭО40С, а секционный выключатель ЭО25В.

Прокладка кабелей в цехах осуществляется в трубах в полу и на скобах на стенах, на высоте 2,5 м

Рабочее освещение в цехах выполнено лампами ДРЛ, аварийное - лампами НГ подвешенными в светильниках на тросах на высоте 9,2 метра. Все кабеля в цеховой сети марки АВВГ.

РАЗДЕЛ 10

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

При проектировании электрических сетей, предназначенных для питания потребителей I и II категорий, схемы электроснабжения выбираются, как правило, на основе технико-экономического сравнения вариантов по приведенным затратам, в которые включают народнохозяйственный ущерб от перерывов в электроснабжении.

Целью технико-экономических расчётов является определение оптимального варианта схемы, параметров электросети и её элементов.

Критерием экономичности является минимум приведённых затрат, грн/год:

$$Z_i = E_n \cdot K_i + I_i; \quad (10.1)$$

где K – единовременные капитальные вложения:

$$K = K_{\text{уд.КЛ}} \cdot l_{\text{КЛ}} + K_{\text{уд.СП}} \cdot n_{\text{СП}} + K_{\text{уд.ШП}} \cdot l_{\text{ШП}} + K_{\text{уд.АВ}} \cdot n_{\text{АВ}} + K_{\text{уд.ПР}} \cdot n_{\text{ПР}}, \quad (10.2.)$$

где $K_{\text{уд.}}$ - цена одного метра кабельной линии (КЛ), шинпровода (ШП) или цена одного выключателя, предохранителя, силового пункта и т.д., грн/м (грн/шт); l - длина кабельной линии, шинпровода, м; n - количество выключателей, предохранителей и т. д.; E_n - нормативный коэффициент эффективности капиталовложений, (1/год); $E_n = 0,12, [5]$; I - годовые издержки производства, грн/год;

Ежегодные издержки определяются по формуле:

$$I = I_{\text{кл}} + I_{\text{а.ор}} + I_n; \quad (10.2)$$

где $I_{\text{кл}}$ и $I_{\text{а.ор}}$ – издержки на текущий ремонт и амортизацию для кабельных линий и остального электрооборудования соответственно; I_n – стоимость потерь электроэнергии (э/э), грн.

Издержки для кабельных линий определяются по формуле:

$$I_{\text{кл}} = \frac{O_a + O_o + O_p}{100} \cdot K_{\text{кл}}; \quad (10.3)$$

где O_a - отчисления на амортизацию; O_o - отчисления на обслуживание; O_p - отчисление на ремонт.

Для остального электрооборудования формула аналогична.

Стоимость потерь э/э определяется по формуле:

$$I_n = \beta \cdot \Delta W_{\text{зод}}; \quad (10.4)$$

где $\beta = 1,49$ – стоимость одного киловатта в час потерь э/э, грн/кВт·ч.

Издержки на амортизацию, обслуживание и ремонт, грн/год.

$$I_{\text{аоп}} = \frac{a \cdot K}{100}, \quad (10.5)$$

где a – общие нормы отчислений от капиталовложений для электрооборудования.

Потери электроэнергии в электроустановке в год, кВт ч;

$$\Delta W_{\text{зод}} = \tau \cdot \Delta P_{\text{max}} = \Delta P_{\text{max}} \cdot \left(0,124 + \frac{T_{\text{нб}}}{10000}\right)^2 \cdot 8760, \quad (10.6)$$

где ΔP_{max} - максимальные потери, кВт; 8760 – число часов в году; $T_{\text{нб}}$ - число часов использования максимума нагрузки, принимается в зависимости от сменности, для данного цеха $T_{\text{нб}} = 4000\text{ч}$.

Выполним технико-экономическое сравнение для вариантов распределительной сети низкой стороны.

Цеховая распределительная сеть (вариант 1)

Результаты расчёта капиталовложений в электроустановку запишем в таблицу 10.1.1.

Издержки на амортизацию, обслуживание и ремонт:

$$I_{\text{аоп}} = \frac{4,3 \cdot 40554,41}{100} = 1743,8 \text{ грн/год.}$$

Потери электроэнергии в год:

$$\Delta W_{\text{зод}} = \Delta S_{\text{max1}} \cdot \left(0,124 + \frac{T_{\text{нб}}}{10000}\right)^2 \cdot 8760 = 10,1 \cdot \left(0,124 + \frac{4500}{10000}\right)^2 \cdot 8760 = 29150,7 \text{ кВт ч.}$$

Издержки вызванные потерями электроэнергии:

$$I_{\text{ном}} = \beta \cdot \Delta W_{\text{зод}} = 1,49 \cdot 29150,7 = 43434,5 \text{ грн/год.}$$

Полные задержки:

$$I_1 = I_{\text{аоп}} + I_{\text{ном}} = 1743,8 + 43434,5 = 45178,3 \text{ грн/год.}$$

Таблица 10.1.1

Наименование	Цена $K_{уд}$ за шт. или за метр, <i>грн</i>	Количество n , шт. или длина l , м	Капиталовложение, K , <i>грн</i>
Кабели			
АВВГ 4x4	11,35	578	6 560,30
АВВГ 4x10	20,65	75	1 548,75
АВВГ 4x16	29,45	74	2 179,30
АВВГ 4x25	45,15	44	1 986,60
АВВГ 4x35	56,70	37	2 097,90
АВВГ 4x50	74,55	9	670,95
Силовые пункты			
ПР 11-1086-21 У3	2 200,00	5	11 000,00
ПР 11-1118-21 У3	2 000,00	2	4 000,00
Выключатели автоматические			
ВА-13-25	41,04	27	1 108,08
ВА 13-29	45,2	16	723,20
ВА 51-35	964,37	9	8 679,33
Итого			40 554,41

Тогда полные приведённые затраты будут равны:

$$Z_{црс1} = I_1 + E_n \cdot K_1 = 45178,3 + 0,12 \cdot 40554,41 = 50044,8 \text{ грн/год.}$$

Цеховая распределительная сеть (вариант 2)

Результаты расчёта капиталовложений в электроустановку запишем в таблицу 10.1.2.

Издержки на амортизацию, обслуживание и ремонт:

$$I_{aop2} = \frac{4,3 \cdot 82289,95}{100} = 3538,5 \text{ грн/год.}$$

Потери электроэнергии в год:

$$\Delta W_{зод2} = \Delta S_{\max 2} \cdot \left(0,124 + \frac{T_{нб}}{10000}\right)^2 \cdot 8760 = 14,48 \cdot \left(0,124 + \frac{4500}{10000}\right)^2 \cdot 8760 = 41792,3 \text{ кВт ч.}$$

Издержки вызванные потерями электроэнергии:

$$I_{ном2} = \beta \cdot \Delta W_{зод2} = 1,49 \cdot 41792,3 = 62270,6 \text{ грн/год.}$$

Полные задержки:

$$I_2 = I_{aop2} + I_{ном2} = 3538,5 + 62270,6 = 65809,1 \text{ грн/год.}$$

Тогда полные приведённые затраты будут равны:

$$Z_{црс2} = I_2 + E_n \cdot K_2 = 65809,1 + 0,12 \cdot 82289,95 = 75683,9 \text{ грн/год.}$$

Таблица 10.1.2

Наименование	Цена $K_{уд}$ за шт. или за метр, грн	Количество n , шт. или длина l , м	Капиталовложение, K , грн
Кабели			
АВВГ 4x4	11,35	458	5198,3
АВВГ 4x10	20,65	59	1218,35
АВВГ 4x16	29,45	10	294,5
АВВГ 4x25	45,15	11	496,65
АВВГ 4x35	56,70	54	3061,8
АВВГ 4x70	104,25	16	1668
АВВГ 4x120	189,95	53	10067,35
АВВГ 4x150	138,00	37	5106
Шинопроводы			
ШРА - 1			
ШРА73У3 - 250			
Секция прямая У2042	1388,49 (3 метра.)	10	13884,9
ШРА - 2			
ШРА73У3 - 2630			
Секция прямая У2042	2776,97 (3 метра.)	10	27769,7
Силовые пункты			
ПР 11-1086-21 У3	2 200,00	1	2 200,00
ПР 11-1118-21 У3	2 000,00	1	2 000,00
Выключатели автоматические			
ВА-13-25	41,04	26	1067,04
ВА 13-29	45,2	12	542,4
ВА 51-35	964,37	7	6750,59
ВА 51-37	964,37	1	964,37
Итого			82289,95

Технико-экономическое сравнение вариантов

Приведённые затраты для первого варианта равны:

$$Z_1 = Z_{ЦРС1} = 50044,8 \text{ грн/год.}$$

Приведённые затраты для второго варианта равны:

$$Z_2 = Z_{ЦРС2} = 75683,9 \text{ грн/год.}$$

Сравним варианты:

$$\Delta Z = \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1} \cdot 100\% = \frac{50044,8 - 75683,9}{50044,8} \cdot 100 = 51,2\%.$$

Из полученных расчетов делаем вывод, что вариант с использованием силовых пунктов и распределительных шинопроводов (вариант №2) менее выгоден, чем вариант с использованием силовых пунктов (вариант №1), и дальнейшие расчеты будем вести по варианту №1.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате дипломного проектирования было спроектировано электроснабжение цеха механической обработки, входящего в состав завода по изготовлению двигателей малой мощности.. В процессе проектирования были учтены основные характеристики приемников электрической энергии. В расчете было рассмотрено два варианта электроснабжения для цеха и два варианта для всего предприятия, из которых в каждом случае был выбран наиболее подходящий и выгодный вариант, с учетом всех технических и экономических особенностей данного предприятия.

Для оставшегося варианта цеха был произведен подробный электротехнический расчет электрического и аварийного освещений. Для всех цехов проверена необходимость компенсации реактивной мощности. Также учтены были токи короткого замыкания в характерных точках системы, проанализировано качество напряжения цеховой сети и рассчитаны отклонения напряжения для характерных электроприемников.

Рассчитаны и отстроены уставки реле защиты: кабельных линий распределительной сети предприятия; синхронных двигателей; воздушной линии. Рассчитаны технико – экономические показатели электроснабжения предприятия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федоров А. А. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования по электроснабжению промышленных предприятий [Уч. Пособие для вузов] / А.А. Федоров, Л.Е. Старкова. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 368 с.
2. Мельников М.А. Электроснабжение промышленных предприятий [Уч. Пособие для вузов] / М.А. Мельников. – Томск: Изд. ТПУ, 2000. – 144 с.
3. Федорова А.А. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию: В 2 т./А.А. Федорова – М.: Энергоатомиздат, 1986г – 568 с.
4. Правила устройства электроустановок Украины 2014 года / Министерство энергетики и угольной промышленности Украины. Украина, Харьков: Издательство Форт, 2014. – 800 с.
5. Голота А.Д. Автоматика в електроенергетичних системах [Навч. посіб.] / А.Д. Голота – К.: Вища шк., 2006. – 367 с.
6. Федоров А.А. Основы электроснабжения промышленных предприятий/Федоров А.А., Каменева В.В. –М.: Энергия, 1979.–408 с.
7. Кнорринг Г. М. Справочная книга для проектирования электрического освещения / Г. М. Кнорринг. - Л., Энергия, 1976.
8. Электротехнический справочник: в 3т./[В.Г. Герасимова, П.Г. Грудинский и др.] - М., Энергоатомиздат, 1981. – 640 с.
9. Электрические кабели провода и шнуры [Справочник]/[Н. И. Белоруссов и др.] – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 536 с.
10. Толстихина Л. В. Проектирование электрической части подстанций [Учеб. Пособие]/Л. В. Толстихина. – Красноярск, КГТУ, 2002. – 138 с.
11. Андреев В. А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения [Учеб. для вузов]/В. А. Андреев. – М.: Высш. шк., 1991. – 496 с.
12. Артемов А. И. Электроснабжение промышленных предприятий в примерах и задачах/А. И. Артемов. – Смоленск, 2000. – 300 с.

13. А.М. Кривцов, В.В. Шеховцов Сетевое планирование и управление: Изд. 2-е, доп. и перераб. – М.: Экономика, 1978г. – 191с., ил.

14. Парсентьев О.С. Анализ технологических потерь электроэнергии в электрических сетях ООО «Луганское энергетическое объединение»/ Парсентьев О.С., Цадо В.А., Колесниченко С.П. // Праці Луганського відділ. Міжн. Акад. інформатизації. – 2009 – № 1(18). – с.57-62.