

# ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЦЕХА

(Курсовая работа. Пример)



2014

## Содержание

Введение.....	2
1 Общий раздел .....	3
1.1 Характеристика производства, предприятия, цеха.....	3
2 Расчетно-технический раздел .....	4
2.1 Характеристика потребителя электроэнергии. ....	4
2.2 Анализ электрических нагрузок. ....	4
2.3 Выбор рода тока и напряжения. ....	7
2.4 Расчет электрических нагрузок. ....	7
2.5 Компенсация реактивной мощности. ....	9
2.6 Выбор типа и числа подстанций. Выбор числа и мощности трансформаторов. ....	11
2.7 Расчет и выбор питающих и распределительных сетей до 1000В. ....	17
2.8 Расчет и выбор внутриплощадочной сети выше 1000В.....	19
2.9 Расчет токов короткого замыкания. ....	20
2.10 Выбор токоведущих частей и аппаратов по условиям короткого замыкания. ....	23
2.11 Расчет заземляющего устройства.....	25
Вопрос ТБ.....	27
Список использованных источников .....	30

					.....ПЗ								
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата									
Разраб.					ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЦЕХА				Лит.	Лист	Листов		
Пров.											2	30	
Н. Контр.													
Утв.													

## Введение

Современная энергетика характеризуется нарастающей централизацией производства и распределением электроэнергии. Энергетические системы образуют одиннадцать крупных электрообъединений: Северо-запада, Центра, Средней Волги, Юга, Казахстана, Урала, Закавказья, Северного Кавказа, Средней Азии, Сибири и Востока. В состав единой энергетической системы страны (ЕЭС) входят девять энергообъединений, охватывающих почти 2/3 территории страны, где проживает более 80% населения.

Перед энергетикой в ближайшем будущем стоит задача всемирного развития и использования возобновляемых источников энергии: солнечной, геотермальной, ветровой, приливной и др.; развития комбинированного производства электроэнергии и теплоты для централизованного теплоснабжения промышленных городов.

Широкая автоматизация и механизация производственных процессов на основе применения электроэнергии требует от персонала осуществляющего эксплуатацию, проектирование и монтаж, электрифицированных устройств, в частности от техников-электриков, хороших знаний, теорий и практики электропривода и основ управления.

					.....ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		3

# 1 ОБЩИЙ РАЗДЕЛ

## 1.1 Характеристика производства, предприятия, цеха.

Отрасль промышленности - машиностроительная.

Предприятие предназначено для выпуска сельскохозяйственных машин.

Цех механический предназначенный для механической и термической обработки деталей машин. Режим работы – 3 смены по 8 часов каждая, помещение цеха сухое, нормальное, особо опасное.

Относительная влажность не превышает 60%.

Температура воздуха 35°.

Особо опасное помещение характеризуется наличием двух условий повышенной опасности: токопроводящие железобетонные полы, возможность одновременного прикосновения человека к материалоконструкциям здания, технологическим аппаратам и механизмов, имеющие соединения с землей с одной стороны и к металлическим корпусам электрооборудования – с другой стороны.

					.....ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		4

## 2 РАСЧЕТНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

### 2.1 Характеристика потребителя электроэнергии

Потребителями электроэнергии являются электроприемники цеха- промышленное оборудование установленное в соответствии с технологией цеха.

- 1) Конвейеры  $\Sigma P_n = 350$  кВт.
- 2) Краны  $\Sigma P_n = 250$  кВт.
- 3) Металлообрабатывающие станки  $\Sigma P_n = 200$  кВт.
- 4) Вентиляторы  $\Sigma P_n = 100$  кВт.
- 5) Прочая нагрузка  $\Sigma P_n = 200$  кВт.

Согласно заданию нагрузки потребители второй категории составляют 60%.

Потребители 2 категории 40%.

Краны работают в повторно- кратковременном режиме, а остальные приемники в длительном.

### 2.2 Анализ электрических нагрузок

Электрические нагрузки отдельных электрических приемников цеха зависят от технологического режима работы проводимых механизмов, аппаратов.

Изменение электрических нагрузок электроприемников всех звеньев системы электроснабжения во времени изображают в виде графиков нагрузки.

Суточный график нагрузки приведен в таблице 1.

Таблица 1.

Номер ступени	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Продолжение таблицы 1.

Период времени, час	0-2	2-4	4-8	8-10	10-14	14-16	16-17	17-19	19-21	21-24
P, %, P <sub>м</sub>	40	100	60	90	50	70	50	80	100	40

По суточному графику нагрузки определяем

1) Суточный расход электроэнергии  $W_{a \text{ сут}}$ :

$$W_{a \text{ сут}} = \sum P_m \cdot t_n \text{ сут} = P_{0-2} \cdot t_{0-2} + P_{2-4} \cdot t_{2-4} + P_{4-8} \cdot t_{4-8} + P_{8-10} \cdot t_{8-10} + P_{10-14} \cdot t_{10-14} + P_{14-16} \cdot t_{14-16} + P_{16-17} \cdot t_{16-17} + P_{17-19} \cdot t_{17-19} + P_{19-21} \cdot t_{19-21} + P_{21-24} \cdot t_{21-24} =$$

$$2 \cdot 40 + 2 \cdot 100 + 4 \cdot 60 + 2 \cdot 90 + 4 \cdot 50 + 2 \cdot 70 + 1 \cdot 50 + 2 \cdot 80 + 2 \cdot 100 + 3 \cdot 40 = 1570 \text{ кВт}$$

где  $W_{a \text{ сут}}$  - суточный расход электроэнергии

$P_m$  - мощность каждого периода времени

$t_n \text{ сут}$  - продолжительность каждого периода времени в сутки (час)

2) Определим коэффициент загрузки графика Кз.г.

$$K_{з.г.} = W_{a \text{ сут}} / 2400 = 1570 / 2400 = 0,65 \quad (2.1.)$$

Рабочие дни (3 смены по 8 часов) 300 дней

$$T_{раб} = 300 \cdot 24 = 7200$$

Нерабочие дни- 65 дней  $T_{нераб} = 65 \cdot 24 = 1560$

Таблица 2

Номер ступени	P%, P <sub>м</sub>	Число часов	Число часов в год $t_n \text{ год}$
1	40	2	$300 \times 2 = 600$
2	100	2	$300 \times 2 = 600$
3	60	4	$300 \times 4 = 1200$
4	90	2	$300 \times 2 = 600$
5	50	4	$300 \times 4 = 1200$

Продолжение таблицы 2.

6	70	2	$300 \times 2 = 600$
7	50	1	$300 \times 1 = 300$
8	80	2	$300 \times 2 = 600$
9	100	2	$300 \times 2 = 600$
10	40	3	$300 \times 3 = 900$

По годовому графику нагрузки определяется:

1) Годовой расход электроэнергии  $W_{a \text{ год}}$

$$W_{a \text{ год}} = \sum P_n \cdot t_n \text{ год} \quad (2.2.)$$

где  $W_{a \text{ год}}$  – годовой расход электроэнергии;

$P_n$  – мощность каждого периода времени;

$t_n \text{ год}$  – продолжительность каждого периода времени в год (час)

$$W_{a \text{ год}} = 40 \cdot 600 + 100 \cdot 600 + 60 \cdot 1200 + 90 \cdot 600 + 50 \cdot 1200 + 70 \cdot 600 + 50 \cdot 300 + 80 \cdot 600 + 100 \cdot 600 + 40 \cdot 900 = 471000 \text{ кВт}$$

1) Число часов, используемых максимумов нагрузки  $T_{\max}$

$$T_{\max} = W_{a \text{ год}} / P_n = 471000 / 100 = 4710 \text{ час} \quad (2.3.)$$

где  $W_{a \text{ год}}$  – годовой расход электроэнергии

$P_n$  – мощность каждого периода времени

2) Время максимума потерь  $\tau$

$$\tau = (0,124 + T / 10000)^2 \cdot 8760 \quad (2.4.)$$

где  $\tau$  - время максимальных потерь

$T$  - число максимальных нагрузок (час)

$$\tau = (0,124 + 1200 / 10000)^2 \cdot 8760 = 521;$$

$$\tau = (0,124 + 900 / 10000)^2 \cdot 8760 = 401;$$

$$\tau = (0,124 + 600 / 10000)^2 \cdot 8760 = 296;$$

$$\tau = (0,124 + 300 / 10000)^2 \cdot 8760 = 207;$$

## 2.3 Выбор рода тока и напряжения

Основными группами электроприемников, составляющими суммарную нагрузку объектов, являются электродвигатели производственных механизмов, сварочные установки, печные и силовые трансформаторы, электрические печи, выпрямительные установки, светильники всех видов искусственного света и др.

По роду тока различаются электроприемники, работающие: от сети переменного тока нормальной промышленной частоты  $f = 50$  Гц; от сети переменного тока повышенной или пониженной частоты; от сети постоянного тока.

По напряжению электроприемники классифицируются на две группы:

1) Электроприемники, которые могут получать питание непосредственно от сети 3,6 и 10 кВ.

2) Электроприемники, питание которых экономически целесообразно на напряжение 380-660 В.

Отдельные потребители электроэнергии исполняют для питания высокоскоростных электродвигателей токов повышенной частоты 180-400 Гц.

В данном цехе питание осуществляется от сети напряжением 380 В и частотой тока 50 Гц.

## 2.4 Расчет электрических нагрузок

Расчет электронагрузок производится с целью рассчитать электрочасть, т.е. выбрать электрические аппараты и токоведущие части на всех участках системы электроснабжения, а также для выбора числа и мощности трансформаторов, на которые должно быть равномерно распределена электрическая нагрузка.

					.....ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		8



Электрические нагрузки промышленных предприятий определяется выбор всех элементов системы электроснабжения. Поэтому правильное определение электрических нагрузок является решающим фактором при проектировании и эксплуатации сетей.

Расчет начинают с определения максимальной мощности каждого электроприемника независимо от его технического процесса.

Расчет производится по формуле.

$$P_{\max} = \Sigma P_{\text{ном}} \cdot K_c \quad (2.5.)$$

Где  $P_{\max}$  – максимальная расчетная мощность

$K_c$  - коэффициент спроса

$P_{\text{ном}}$  – номинальная мощность приемника

$$P_{\max} = 350 \cdot 0,2 = 70 \text{ кВт.}$$

$$P_{\max} = 250 \cdot 0,2 = 50 \text{ кВт.}$$

$$P_{\max} = 200 \cdot 0,2 = 40 \text{ кВт.}$$

$$P_{\max} = 100 \cdot 0,7 = 70 \text{ кВт.}$$

$$P_{\max} = 200 \cdot 0,65 = 130 \text{ кВт.}$$

Затем производится расчет средней мощности нагрузки по формуле

$$P_{\text{см}} = P_{\max} \cdot K_{з.г.} \quad (2.6.)$$

где  $P_{\text{см}}$  – средняя мощность нагрузки (кВт)

$P_{\max}$  – максимальная активная мощность (кВт)

$K_{з.г.}$  – коэффициент загрузки графика

$$P_{\text{см}} = 70 \cdot 0,57 = 39,9 \text{ кВт.}$$

$$P_{\text{см}} = 50 \cdot 0,57 = 28,5 \text{ кВт.}$$

$$P_{\text{см}} = 40 \cdot 0,57 = 22,8 \text{ кВт.}$$

$$P_{\text{см}} = 70 \cdot 0,57 = 39,9 \text{ кВт.}$$

$$P_{\text{см}} = 130 \cdot 0,57 = 74,1 \text{ кВт.}$$

Рассчитать реактивную среднюю мощность по формуле

$$Q_{\text{см}} = P_{\text{см}} \cdot \text{tg } \varphi \quad (2.7.)$$

где  $Q_{\text{см}}$  – реактивная средняя мощность (кВар)

$P_{\text{см}}$  – средняя мощность нагрузки (кВт)

					.....ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		9

$$Q_{см} = 39,9 \cdot 1,73 = 69 \text{ кВар.}$$

$$Q_{см} = 28,5 \cdot 1,73 = 49,3 \text{ кВар.}$$

$$Q_{см} = 22,8 \cdot 1,33 = 30,3 \text{ кВар.}$$

$$Q_{см} = 39,9 \cdot 0,75 = 29,9 \text{ кВар.}$$

$$Q_{см} = 74,1 \cdot 0,86 = 63,7 \text{ кВар.}$$

Реактивная максимальная мощность  $Q_{мах}$

$$Q_{мах} = Q_{см} \quad (2.8.)$$

где  $Q_{см}$  – реактивная средняя мощность (кВар)

$Q_{мах}$  – реактивная максимальная мощность (кВар)

$$Q_{мах} = 69 \text{ кВар.}$$

$$Q_{мах} = 49,3 \text{ кВар.}$$

$$Q_{мах} = 30,3 \text{ кВар.}$$

$$Q_{мах} = 29,9 \text{ кВар.}$$

$$Q_{мах} = 63,7 \text{ кВар.}$$

Определим сумму активной и реактивной мощности

$$\Sigma P_{мах} = P_{мах1} + P_{мах2} + P_{мах3} + P_{мах4} + P_{мах5} \quad (2.9.)$$

где  $\Sigma P_{мах}$  – сумма активной мощности (кВт)

$P_{мах1}$  -  $P_{мах5}$  – максимальная активная мощность (кВт)

$$\Sigma P_{мах} = 39,9 + 28,5 + 22,8 + 39,9 + 74,1 = 205,2 \text{ кВт}$$

$$\Sigma Q_{мах} = Q_{мах1} + Q_{мах2} + Q_{мах3} + Q_{мах4} + Q_{мах5} \quad (2.10.)$$

где  $\Sigma Q_{мах}$  – сумма максимальной реактивной мощности (кВар)

$Q_{мах1}$  -  $Q_{мах5}$  – максимальная реактивная мощность (кВар)

$$\Sigma Q_{мах} = 69 + 49,3 + 30,3 + 29,9 + 63,7 = 242,2 \text{ кВар}$$

Полная максимальная мощность  $S_{мах}$

$$S_{мах} = \sqrt{\Sigma P_{мах}^2 + \Sigma Q_{мах}^2} \quad (2.11)$$

Где  $S_{мах}$  – полная максимальная мощность (кВ·А)

$\Sigma P_{мах}$  – сумма максимальной активной мощности (кВт)

$\Sigma Q_{мах}$  – сумма максимальной реактивной мощности (кВар)

$$S_{мах} = \sqrt{205,22 + 242,22} = 317,4 \text{ кВ·А}$$

					.....ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		10

## 2.5 Компенсация реактивной мощности

Электрическая сеть представляет собой единое целое, и правильный выбор средств компенсации для сетей промышленного предприятия напряжением до 1000 В, а так же в сети 6-10 кВ можно выполнить при совместном решении задач.

На промышленных предприятиях основные потребители реактивной мощности присоединяются к сетям до 1000 В. Компенсация реактивной мощности потребителей может осуществляться при помощи синхронных двигателей или батарей конденсаторов, присоединенных непосредственно к сетям до 1000 В, или реактивная мощность может передаваться в сети до 1000В со стороны напряжением 6-10 кВ от СД, БК, от генераторов ТЭЦ или сети энергосистемы.

При выборе компенсирующих устройств подтверждается необходимость их комплексного использования как для поддержания режима напряжения в сети, так и для компенсации реактивной мощности.

Мощность  $Q_{кб}$  компенсирующего устройства (кВар) определяется как разность между фактической наибольшей реактивной мощностью  $Q_m$  нагрузки потребителя и предельной реактивной мощностью  $Q_э$  представляемой предприятию энергосистемой по условиям режима ее работы:

$$Q_{кб} = Q_m - Q_э = P_{max} [(tg \varphi_m - tg \varphi_э)] \quad (2.12)$$

где  $Q_{кб}$  – расчетная мощность конденсаторной установки (кВар)

$Q_m$  – средняя активная нагрузка по цеху за максимально загруженную смену (кВар)

$Q_э$  – реактивная мощность передаваемая предприятию из энергосистемы (кВар)

Рассчитаем мощность конденсаторной установки, для этого воспользуемся формулой:

$$Q_{кб} = 205,2 \cdot (0,73 - 0,33) = 82,1 \text{ кВар} \quad (2.12)$$

					.....ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		11

$$S_M = \sqrt{\sum P_{\max}^2 + (\sum Q_{\max} - Q_{\text{кб}})^2} \quad (2.13)$$

где  $S_M$  – полная мощность конденсаторной установки (кВ·А)

$\sum P_{\max}$  – суммарная активная мощность (кВт)

$\sum Q_{\max}$  – суммарная реактивная максимальная мощность (кВар)

$Q_{\text{кб}}$  – мощность конденсаторной установки (кВар)

$$S_M = \sqrt{205,22^2 + (242,2 - 81,1)^2} = 260,3 \text{ кВ·А}$$

## 2.6 Выбор типа и числа подстанций. Выбор числа и мощности трансформаторов

Выбор типа и схемы питания подстанций, а также числа трансформаторов обусловлен величиной и характером электрических нагрузок.

ТП должны размещаться как можно ближе к центру потребителей. Для этого должны применяться внутрицеховые подстанции, а также встроенные в здание цеха или пристроенные к нему ТП, питающие отдельные цехи (корпуса) или части их.

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

Число и мощность трансформаторов выбираются по перегрузочной способности трансформатора. Для этого по суточному графику нагрузки потребителя устанавливается продолжительность максимума нагрузки  $t$  (4) и коэффициент заполнения графика  $K_{з.г.} = S_{\text{ср}} / S_{\text{мах}}$ , где  $S_{\text{ср}}$  и  $S_{\text{мах}}$  – средняя и максимальная нагрузка трансформатора. По значениям  $K_{з.г.}$  и  $t$  определяется коэффициент кратности допустимой нагрузки [1; стр. 222]

$$K_n = S_{\text{мах}} / S_{\text{ном}} = I_{\text{мах}} / I_{\text{ном}} \quad (2.14)$$

В данном проекте  $K_n = 1,23$

$K_n = 1,16$  т.к.  $t_{\text{мах}} = 4$

Рассчитаем номинальную мощность трансформатора с учетом коэффициента кратности допустимой нагрузки и максимальной мощности с учетом расчетной мощности конденсаторной батареи

$$S_{ном тр-ра} = S_{max} / K_n = 260,3 / 1,16 = 224,4 \text{ кВ} \cdot \text{А} \quad (2.15)$$

Произведем технико-экономическое сравнение между трансформатором типа ТМ 160/10 и ТМ 250/10

$$S_{II} = 0,4 \cdot S_{max} = 0,4 \cdot 260,3 = 104,1 \quad (2.16)$$

0,4 т.к.  $S_{II} = 40\%$

$$1) S_{max} / 2 S_{HT} = 260,3 / 320 = 0,81 \quad (2.17)$$

$$2) S_{max} / 2 S_{HT} = 260,3 / 500 = 0,52 \quad (2.18)$$

Решения для заполнения таблицы трансформатора типа ТМ 250/10

$\tau$  находится по формуле  $\tau = (0,124 + T_{CT}/10000)^2 \cdot 8760$

$$\tau_1 = (0,124 + 600 / 10000)^2 \cdot 8760 = 296; \tau_2 = 296;$$

$$\tau_3 = (0,124 + 1200 / 10000)^2 \cdot 8760 = 521; \tau_4 = 296; \tau_5 = 521; \tau_6 = 296;$$

$$\tau_7 = (0,124 + 300 / 10000)^2 \cdot 8760 = 207;$$

$$\tau_8 = 296; \tau_9 = 296;$$

$$\tau_{10} = (0,124 + 900 / 10000)^2 \cdot 8760 = 401;$$

$K_{ЗТ}$  – коэффициент загрузки трансформатора, определяется в два действия:

$$1) K = S_{max} / 2 S_{HT} = 260,3 / 500 = 0,52 \quad (2.19)$$

$$2) K_{ЗТ1} = P\% / K = 0,4 / 0,52 = 0,7$$

$$K_{ЗТ2} = 1/0,52 = 1,92$$

$$K_{ЗТ8} = 0,9/0,52 = 1,73$$

$$K_{ЗТ3} = 0,6/0,52 = 1,15$$

$$K_{ЗТ9} = 1/0,52 = 1,92$$

$$K_{ЗТ4} = 0,9/0,52 = 1,73$$

$$K_{ЗТ10} = 0,4/0,52 = 0,77$$

$$K_{ЗТ5} = 0,5/0,52 = 0,96$$

$$K_{ЗТ6} = 0,7/0,52 = 1,35$$

$$K_{ЗТ7} = 0,5/0,52 = 0,96$$

Данные трансформаторов по потерям приведены в таблице 3.

Таблица 3

Тип трансформатора	Потери кВт		$I_x\%$	$U_K\%$	Цена трансформатора, руб.
	$\Delta P_{xx}$	$\Delta P_K$			

ТМ-160/10	0,45	3,1	1,9	4,5	30000
ТМ-250/10	0,61	4,2	1,9	4,5	40000

$$\Delta W_{1.1} = n [(\Delta P_{xx} + K_{ип} \cdot I_x / 100 \times S_{нт}) \cdot T_{год} + K_{з2} (\Delta P_k + K_{ип} \cdot U_k / 100 \cdot S_{нт}) \tau] = 2 [(0,61 + 0,1 \cdot 1,9/100 \cdot 250) \cdot 600 + 0,72 (4,2 + 0,1 \cdot 4,5/100 \cdot 250) \cdot 296] = 2847 \text{ кВт}\cdot\text{ч/год}$$

$$\Delta W_{1.2} = 2 [(0,61 + 0,1 \cdot 1,9/100 \cdot 250) \cdot 600 + 1,922 (4,2 + 0,1 \cdot 4,5/100 \cdot 250) \cdot 296] = 12923 \text{ кВт}\cdot\text{ч/год}$$

$$\Delta W_{1.3} = 2 [(0,61 + 0,1 \cdot 1,9/100 \cdot 250) \cdot 1200 + 1,152 (4,2 + 0,1 \cdot 4,5/100 \cdot 250) \cdot 521] = 9942 \text{ кВт}\cdot\text{ч/год}$$

$$\Delta W_{1.4} = 2 [(0,61 + 0,1 \cdot 1,9/100 \cdot 250) \cdot 600 + 1,732 (4,2 + 0,1 \cdot 4,5/100 \cdot 250) \cdot 296] = 10736 \text{ кВт}\cdot\text{ч/год}$$

$$\Delta W_{1.5} = 2 [(0,61 + 0,1 \cdot 1,9/100 \cdot 250) \cdot 1200 + 0,962 (4,2 + 0,1 \cdot 4,5/100 \cdot 250) \cdot 521] = 7717 \text{ кВт}\cdot\text{ч/год}$$

$$\Delta W_{1.6} = 2 [(0,61 + 0,1 \cdot 1,9/100 \cdot 250) \cdot 600 + 1,352 (4,2 + 0,1 \cdot 4,5/100 \cdot 250) \cdot 296] = 7047 \text{ кВт}\cdot\text{ч/год}$$

$$\Delta W_{1.7} = 2 [(0,61 + 0,1 \cdot 1,9/100 \cdot 250) \cdot 300 + 0,962 (4,2 + 0,1 \cdot 4,5/100 \cdot 250) \cdot 207] = 2683 \text{ кВт}\cdot\text{ч/год}$$

$$\Delta W_{1.8} = 2 [(0,61 + 0,1 \cdot 1,9/100 \cdot 250) \cdot 600 + 1,732 (4,2 + 0,1 \cdot 4,5/100 \cdot 250) \cdot 296] = 10737 \text{ кВт}\cdot\text{ч/год}$$

$$\Delta W_{1.9} = 2 [(0,61 + 0,1 \cdot 1,9/100 \cdot 250) \cdot 600 + 1,922 (4,2 + 0,1 \cdot 4,5/100 \cdot 250) \cdot 296] = 12923 \text{ кВт}\cdot\text{ч/год}$$

$$\Delta W_{1.10} = 2 [(0,61 + 0,1 \cdot 1,9/100 \cdot 250) \cdot 900 + 0,772 (4,2 + 0,1 \cdot 4,5/100 \cdot 250) \cdot 401] = 4485 \text{ кВт}\cdot\text{ч/год}$$

Решение для заполнения таблицы трансформатора ТМ 160/10 τ - будет с такими же значениями, как и у трансформатора типа ТМ 250/10

К<sub>зт</sub> – коэффициент загрузки трансформатора определяется в два действия:

$$K = S_{max} / 2 S_{нт} = 260,3 / 320 = 0,81$$

					.....ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		14

$$2) K_{3T1} = P\% / K = 0,4 / 0,81 = 0,49$$

$$K_{3T2} = 1/0,81 = 1,23$$

$$K_{3T8} = 0,9/0,81 = 1,11$$

$$K_{3T3} = 0,6/0,81 = 0,74$$

$$K_{3T9} = 1/0,81 = 1,23$$

$$K_{3T4} = 0,9/0,81 = 1,11$$

$$K_{3T10} = 0,4/0,81 = 0,49$$

$$K_{3T5} = 0,5/0,81 = 0,62$$

$$K_{3T6} = 0,7/0,81 = 0,86$$

$$K_{3T7} = 0,5/0,81 = 0,62$$

$$\Delta W_{2.1} = n [(P_{xx} + K_{ип} \cdot I_x / 100 \cdot S_{HT}) \cdot T_{год} + K_{32} (\Delta P_K + K_{ип} \cdot U_K / 100 \cdot S_{HT}) \tau] = 2 [(0,45 + 0,1 \cdot 1,9 / 100 \cdot 160) \cdot 600 + 0,492 (3,1 + 0,1 \cdot 4,5 / 100 \cdot 160) \cdot 296] = 1448 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{год}$$

$$\Delta W_{2.2} = 2 [(0,45 + 0,1 \cdot 1,9 / 100 \cdot 160) \cdot 600 + 1,232 (3,1 + 0,1 \cdot 4,5 / 100 \cdot 160) \cdot 296] = 4326 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{год}$$

$$\Delta W_{2.3} = 2 [(0,45 + 0,1 \cdot 1,9 / 100 \cdot 160) \cdot 1200 + 0,742 (3,1 + 0,1 \cdot 4,5 / 100 \cdot 160) \cdot 521] = 3989 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{год}$$

$$\Delta W_{2.4} = 2 [(0,45 + 0,1 \cdot 1,9 / 100 \cdot 160) \cdot 600 + 1,112 (3,1 + 0,1 \cdot 4,5 / 100 \cdot 160) \cdot 296] = 3691 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{год}$$

$$\Delta W_{2.5} = 2 [(0,45 + 0,1 \cdot 1,9 / 100 \cdot 160) \cdot 1200 + 0,622 (3,1 + 0,1 \cdot 4,5 / 100 \cdot 160) \cdot 521] = 3340 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{год}$$

$$\Delta W_{2.6} = 2 [(0,45 + 0,1 \cdot 1,9 / 100 \cdot 160) \cdot 600 + 0,862 (3,1 + 0,1 \cdot 4,5 / 100 \cdot 160) \cdot 296] = 2577 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{год}$$

$$\Delta W_{2.7} = 2 [(0,45 + 0,1 \cdot 1,9 / 100 \cdot 160) \cdot 300 + 0,622 (3,1 + 0,1 \cdot 4,5 / 100 \cdot 160) \cdot 207] = 1060 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{год}$$

$$\Delta W_{2.8} = 2 [(0,45 + 0,1 \cdot 1,9 / 100 \cdot 160) \cdot 600 + 1,112 (3,1 + 0,1 \cdot 4,5 / 100 \cdot 160) \cdot 296] = 3691 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{год}$$

$$\Delta W_{2.9} = 2 [(0,45 + 0,1 \cdot 1,9 / 100 \cdot 160) \cdot 600 + 1,232 (3,1 + 0,1 \cdot 4,5 / 100 \cdot 160) \cdot 296] = 4326 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{год}$$

					.....ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		15

$$\Delta W_{2.10} = 2 [(0,45 + 0,1 \cdot 1,9/100 \cdot 160) \cdot 900 + 0,492 (3,1 + 0,1 \cdot 4,5/100 \cdot 160) \cdot 401] = 2093 \text{ кВт}\cdot\text{ч/год}$$

$n$  – количество трансформаторов

$\Delta P$  – паспортные данные трансформатора на холостом ходе

$K_{ип}$  – коэффициент равен 0,1 кВт/кВар

$I_x$  – ток на холостом ходе трансформатора, выбирается по таблице

$S_{нт}$  – номинальная мощность трансформатора

$T_{год}$  – период, умноженный на 300

$\Delta P_k$  – потери КЗ трансформатора

$U_k$  – потери КЗ трансформатора

$\Delta W_{год}$  для трансформатора ТМ250/10

$$\begin{aligned} \Delta W_{год} &= \Delta W_1 + \Delta W_2 + \Delta W_3 + \Delta W_4 + \Delta W_5 + \Delta W_6 + \Delta W_7 + \Delta W_8 + \\ \Delta W_9 + \Delta W_{10} &= 2847 + 12923 + 9942 + 10736 + 7717 + 7047 + 2683 + 10737 + \\ 12923 + 4485 &= 82040 \text{ кВт}\cdot\text{ч/год} \end{aligned}$$

$\Delta W_{год}$  для трансформатора ТМ160/10

$$\begin{aligned} \Delta W_{год} &= \Delta W_1 + \Delta W_2 + \Delta W_3 + W_4 + \Delta W_5 + \Delta W_6 + \Delta W_6 + \Delta W_7 + \Delta W_8 \\ &= 1448 + 4326 + 3989 + 3691 + 3340 + 2577 + 1060 + 3691 + 4326 + 2093 = \\ &= 30541 \text{ кВт}\cdot\text{ч/год} \end{aligned}$$

Экономическое сравнение трансформаторов рассчитывается по обоим вариантам.

$$C_{э} = C_a + C_{тр} + C_{п} = K_a / 100 \cdot K + K_{тр} / 100 \cdot K + Ц \cdot \Delta W_{год}$$

где  $K$  – капитальные затраты

$C_{э}$  – ежегодная стоимость эксплуатационных расходов

$C_a$  – стоимость амортизационных отчислений

$K_a$  – процент отчислений на амортизацию 6,3ч6,4 %

$C_{тр}$  – ежегодная стоимость текущего ремонта

$K_{тр}$  – процент отчислений на текущий ремонт 1%

$C_{п}$  – стоимость годовых потерь электроэнергии

$Ц$  – цена 1 кВт часа активной электроэнергии 1,35 руб.

					.....ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		16



Для трансформатора ТМ 250/10

$$C_{\Sigma 1} = 6,3/100 \cdot 80000 + 1/100 \cdot 80000 + 1,35 \cdot 82040 = 116594 \text{ руб.}$$

Для трансформатора ТМ 160/10

$$C_{\Sigma 2} = 6,3/100 \cdot 60000 + 1/100 \cdot 60000 + 1,35 \cdot 30541 = 45610 \text{ руб.}$$

$$\text{Ток} = K_2 - K_1 / C_{\Sigma 1} - C_{\Sigma 2} = 124600 - 80720 / 116594 - 45610 = 0,62$$

По этому, в данном проекте выгодно и экономично использовать трансформатор типа ТМ 160/10, т.е. данный проект используется 2 х 160.

Суточный трансформатор ТМ250/10						$\Delta P_x = \Delta P_k \text{ I}_{x.x.} = \% U_k = \%$	
№	Период часов	Количество часов	P мощн. в %	T длит. ступени	$\tau$	Кзг	$\Delta W = n [(\Delta P_{xx} + K_{ип} \times I_x \times S_{нт}) T_{год} + K_{зт}(\Delta P_{кз} + K_{ип} \times U_k \times S_{нт}) \tau]$
1	0-2	2	40	600	296	0,49	1448
2	2-4	2	100	600	296	1,23	4326
3	4-8	4	60	1200	521	0,74	3989
4	8-10	2	90	600	296	1,11	3691
5	10-14	4	50	1200	521	0,62	3340
6	14-16	2	70	600	296	0,86	2577
7	16-17	1	50	300	207	0,62	1060
8	17-19	2	80	600	296	1,11	3691
9	19-21	2	100	600	296	1,23	4326
10	21-24	3	40	900	401	0,49	2093

Суточный трансформатор ТМ160/10						$\Delta P_x = \Delta P_k I_{x.x.} = \% U_k = \%$	
№	Период часов	Количество часов	S мощн. в %	T длит. ступени	$\tau$	Кзг	$\Delta W = n [(\Delta P_{xx} + K_{ип} \times I_x \times S_{нт}) T_{год} + K_{зт}(\Delta P_{кз} + K_{ип} \times U_k \times S_{нт}) \tau]$
1	0-2	2	40	600	296	0,49	1448
2	2-4	2	100	600	296	1,23	4326
3	4-8	4	60	1200	521	0,74	3989
4	8-10	2	90	600	296	1,11	3691
5	10-14	4	50	1200	521	0,62	3340
6	14-16	2	70	600	296	0,86	2577
7	16-17	1	50	300	207	0,62	1060
8	17-19	2	80	600	296	1,11	3691
9	19-21	2	100	600	296	1,23	4326
10	21-24	3	40	900	401	0,49	2093

## 2.7 Расчет и выбор питающих и распределительных сетей до 1000В

Для этого определяем S по формуле:

$$S_M = \sqrt{P_{\max}^2 + Q_{\max}^2} \quad (2.22)$$

$$1) S_M = \sqrt{70^2 + 69^2} = 98,29 \text{ кВа}$$

$$2) S_M = \sqrt{50^2 + 49,4^2} = 70,28 \text{ кВа}$$

$$3) S_M = \sqrt{40^2 + 30,3^2} = 50,18 \text{ кВа}$$

$$4) S_M = \sqrt{70^2 + 29,9^2} = 72,11 \text{ кВа}$$

$$5) S_M = \sqrt{130^2 + 63,7^2} = 144,76 \text{ кВа}$$

$S_M$  – максимальная мощность электроприемника

$P_{\max}$  – активная мощность электроприемника

$Q_{\max}$  – реактивная мощность электроприемника

Находим ток для каждого приемника по формуле:

$$I = S_N / \sqrt{3} U_N \quad (2.23)$$

$$1) I = 98,29 / 657,4 = 149,5 \text{ А}$$

					.....ПЗ		Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			18

- 2)  $I = 70,28 / 657,4 = 106,9 \text{ A}$
- 3)  $I = 50,18 / 657,4 = 76,3 \text{ A}$
- 4)  $I = 72,11 / 657,4 = 109,7 \text{ A}$
- 5)  $I = 144,76 / 657,4 = 220,2 \text{ A}$

$I_p$  – рабочий ток на низкой стороне

$U_n$  – номинальное напряжение

$S_n$  – номинальная мощность

Рассчитаем  $S_{\Sigma}$  по формуле:

$$S_{\Sigma} = I / j \quad (2.24)$$

Кабели с бумажной и провода с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией с алюминиевыми жилами  $j = 1,4$

- 1)  $S_{\Sigma} = 149,5 / 1,4 = 106,8$
- 2)  $S_{\Sigma} = 106,9 / 1,4 = 76,4$
- 3)  $S_{\Sigma} = 76,3 / 1,4 = 54,5$
- 4)  $S_{\Sigma} = 109,7 / 1,4 = 78,4$
- 5)  $S_{\Sigma} = 220,2 / 1,4 = 157,3$

$S_{\Sigma}$  – экономическое сечение кабеля

$I$  – рабочий ток

$j$  – экономический коэффициент

Выберем СП и СПУ для каждого приемника:

- 1) Сборка  $I = 149,5 \text{ A}$  СПУ 75 проходит по току 250 А
- 2) Сборка  $I = 106,9 \text{ A}$  СПУ 75 проходит по току 250 А
- 3) Сборка  $I = 76,3 \text{ A}$  СПУ 75 проходит по току 250 А
- 4) Сборка  $I = 109,7 \text{ A}$  СПУ 75 проходит по току 250 А
- 5) Сборка  $I = 220,2 \text{ A}$  СПУ 75 проходит по току 250 А

Выберем сечение из подсчитанных данных по формуле:

$$I_{дл} = 0,9 \cdot I_q \quad (2.25)$$

$I_q$  – Эл. ток

$$1. S = 100 \text{ мм}^2$$

$$I_{дл} = 0,9 \cdot 170 = 153 \text{ A}$$

$$2. S = 95 \text{ мм}^2$$

$$I_{\text{дл}} = 0,9 \cdot 140 = 126 \text{ А}$$

$$3. S = 35 \text{ мм}^2$$

$$I_{\text{дл}} = 0,9 \cdot 95 = 85,5 \text{ А}$$

$$4. S = 95 \text{ мм}^2$$

$$I_{\text{дл}} = 0,9 \cdot 95 = 85,5 \text{ А}$$

$$5. S = 120 \text{ мм}^2 \text{ два кабеля по } 120 \text{ мм}^2$$

$$I_{\text{дл}} = (0,9 \cdot 200) \cdot 2 = 360 \text{ А}$$

## 2.8 Расчет и выбор внутриплощадочной сети выше 1000В

Для того чтобы выбрать внутриплощадочную сеть выше 1000В надо рассчитать по формуле:

$$S_{\text{ВН}} = \sqrt{P_{\text{ВН}}^2 + Q_{\text{ВН}}^2} \quad (2.26)$$

$S_{\text{ВН}}$  – мощность на высоком напряжении кВ·А

$P_{\text{ВН}}$  – активная мощность на высоком напряжении кВт

$Q_{\text{ВН}}$  – реактивная мощность на высоком напряжении кВа

Определяем активную и реактивную мощность на высокой стороне:

$$P_{\text{ВН}} = P_{\text{max}} + \Delta P \quad (2.27)$$

$$Q_{\text{ВН}} = Q_{\text{max}} + \Delta Q \quad (2.28)$$

$P_{\text{max}}$  и  $Q_{\text{max}}$  берется из п.2.4 но для этого рассчитаем прочую нагрузку и добавим к другим значениям:

$$P_{\text{max}} = S_{\text{max}} \times \cos \varphi \quad (2.29)$$

$$Q_{\text{max}} = P_{\text{max}} \times \tan \varphi \quad (2.30)$$

где  $P_{\text{max}}$  – максимальная активная мощность

$Q_{\text{max}}$  – максимальная реактивная мощность

$S_{\text{max}}$  – максимальная прочая нагрузка

$\cos \varphi$  - средний косинус

$\tan \varphi$  - средний тангенс от среднего косинуса

$$\Delta P = 0,02 \cdot 2S_{\text{НТ}} = 0,02 \cdot 320 = 6,4 \text{ кВт} \quad (2.31)$$

					.....ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		20

$$\Delta Q = 0,1 \cdot 2S_{HT} = 0,1 \cdot 320 = 32 \text{ кВар} \quad (2.32)$$

$$P_{BH} = 205,2 + 6,4 = 211,6 \text{ кВт}$$

$$Q_{BH} = 242,2 + 32 = 274,2 \text{ кВа}$$

$$S_{BH} = \sqrt{211,6^2 + 274,2^2} = 346,3 \text{ кВ} \cdot \text{А}$$

Найдем ток на высоком напряжении по формуле:

$$I_{BH} = S_{BH} / \sqrt{3} U_H \quad (2.33)$$

$I_{BH}$  – ток на высоком напряжении

$S_{BH}$  – полная мощность

$U_H$  – напряжение на высокой стороне, равной 6 кВ

$$I_{BH} = 346,3 / 1,73 \cdot 6 = 33,3 \text{ А}$$

Рассчитаем сечение нужное для внутриплощадочной сети

$$S_{\Sigma} = I_{BH} / j_{\Sigma} \quad (2.34)$$

$$S_{\Sigma} = 33,3 / 1,4 = 23,8$$

Выбираем сечение  $S = 25 \text{ мм}^2$

## 2.9 Расчет токов короткого замыкания

В электрических установках могут возникать различные виды коротких замыканий, которые сопровождаются с резким увеличением тока. Все электрооборудование, устанавливаемое в системах электроснабжения, должно быть устойчивым к токам КЗ и выбираться с учетом величин этих токов.

Основными причинами возникновения коротких замыканий в сети могут быть: повреждение изоляции отдельных частей электроустановок; неправильные действия обслуживающего персонала; перекрытия токоведущих частей установок.

Короткое замыкание в сети может сопровождаться: прекращением питания потребителей, присоединенных к точкам, в которых произошло короткое замыкание; нарушение нормальной работы других потребителей, подключенных к неповрежденным участкам сети, вследствие понижения

напряжения на этих участках; нарушением режима работы энергетической системы.

Рассмотрим расчет токов короткого замыкания данного проекта.

Для вычисления токов короткого замыкания по расчетной схеме составляют схему замещения, в которой указывают сопротивления всех источников и потребителей, и намечают вероятные точки для расчета токов короткого замыкания.

В данном проекте за базисное напряжение принимается номинальное напряжение  $U_{ном} = 110$  кВ, а за базисную мощность  $Sб = 100$ кВ·А

Схема представляет собой систему неограниченной мощности. В данном случае для трансформаторов, напряжением короткого замыкания  $U_k = \%$  (дается в каталогах)  $U_k = 10,5\%$

Для удобства расчетов токов короткого замыкания применим упрощенную схему замещения для точки  $K_1$  (индуктивная)

Расчет токов короткого замыкания произведен в относительных единицах.

$$-X_{вл} = x \frac{S}{U^2} = 0,99 \frac{100}{110^2} = 0,008 \quad (2.35)$$

$$x = x_0 l_1 = 0,099 \cdot 10 = 0,99 \quad (2.36)$$

$U_{ном}=115$  т.к. это  $U_{ном}$  воздушных линий

$$-X_{тр-ра} = x \frac{S}{S_{ном.т}} = 0,105 \frac{100}{16} = 0,65 \quad (2.37)$$

$x$  – определяется по величине  $U_k$  ( $U_k 10^{-3}$ )

$S_{ном} = 16$  т.к. – это число и мощность трансформаторов ГПП =  $2 \times 16000$

$$X_{кабеля} = x_{каб} \frac{Sб}{Uб^2} = 0,08 \frac{100}{10,5^2} = 0,072 \quad (2.38)$$

$X_{каб} = 0,08$  т.к. для кабельных линий U-ем 6-20 кВ величина  $x = 0,08$  Ом/км

Упрощенная схема замещения для точки  $K_1$  (активная)

$$R_{ВЛ} = r \frac{S\delta}{U_{ном}^2} = 4,3 \frac{100}{110^2} = 0,035 \quad (2.39)$$

$$r = r_0 l_1 = 0,43 \cdot 10 = 4,3 \quad (2.40)$$

$r_0 = 0,43$  при решении активного сопротивления данного трансформатора, этим сопротивлением можно пренебречь.

$$-R_{кабеля} = r \frac{S\delta}{U\delta^2} = 0,26 \frac{100}{10,5^2} = 0,23 \quad (2.41)$$

для кабелей (кабельных линий) U-ем 6-20 кВ величина  $r = 0,26$  Ом/км

$I\delta$  – базисный ток, определяемый по выбранной базисной мощности  $S\delta$

$$I\delta = \frac{S\delta}{\sqrt{3}U\delta} = \frac{100}{1,73 \cdot 10,5} = 5,5 \text{ кА} \quad (2.42)$$

$Z$  – полное сопротивление выраженное в относительных единицах и приведенное к базисной мощности

$$Z = \sqrt{\sum X^2 + \sum R^2} \quad (2.43)$$

$$\Sigma X = 0,96 \text{ мОм}$$

$$\Sigma R = 0,265 \text{ мОм}$$

$$Z = \sqrt{0,96^2 + 0,265^2} = 0,99 \text{ мОм}$$

Ток короткого замыкания для точки  $K_1$

$$I_{кз1} = I\delta / Z = 5,5 / 0,99 = 5,55 \text{ кА} \quad (2.44)$$

$$i_{ударн} = \sqrt{2} k I_k = 1,41 \cdot 1,35 \cdot 5,55 = 10,57 \quad (2.45)$$

$$K = \Sigma x / \Sigma r = 0,96 / 0,265 = 3,9$$

Также как и для точки  $K_1$  составляем упрощенную схему для точки  $K_2$  (индуктивного сопротивления) и (активного сопротивления)

Сопротивление шин

$$R_0 = 0,017 \text{ Ом/м}; x_0 = 0,31 \text{ Ом/м}$$

$$S_{откл. авт} = 200 \text{ МВ} \cdot \text{А}$$

$$X_{сист} = \frac{U_{ном}^2}{S_{откл}} = \frac{110^2}{200} = 60,5 \text{ мОм} \quad (2.46)$$

$$R_{шин} = r_0 l = 0,017 \cdot 10 = 0,17$$

$$X_{шин} = x_0 l = 0,031 \cdot 10 = 0,31$$

$$I_{K32} = \frac{U}{\sqrt{3}Z_{K3}} = \frac{110}{1,73 \cdot 12,5} = 5,08 \text{ кА} \quad (2.47)$$

$$\Sigma R = 0,435 \text{ мОм}$$

$$\Sigma X = 60,81 \text{ мОм}$$

$$Z = \sqrt{\Sigma R^2 + \Sigma X^2} = \sqrt{0,435^2 + 60,8^2} = 60,8 \text{ мОм}$$

$$\frac{\Sigma X}{\Sigma R} = 139,7$$

$$I_{уд} = \sqrt{2} \cdot I_K = 1,41 \cdot 1,3 \cdot 5,08 = 9,3 \text{ кА}$$

2.10 Выбор токоведущих частей и аппаратов по условиям короткого замыкания

Для их выбора производится сравнение указанных расчетных величин с допускаемыми значениями для токоведущих частей и высоковольтного оборудования.

При этом обеспечения надежности и безаварийной работы расчетные величины должны быть меньше допустимых.

Для выбора предохранителя требуется вычисление  $I_{раб. ВН}$

$$\Delta P = 0,02 \cdot 2S_{НТ} = 0,02 \cdot 320 = 6,4 \text{ кВт} \quad \text{По формуле} \quad (2.31)$$

$$\Delta Q = 0,1 \cdot 2S_{НТ} = 0,1 \cdot 320 = 32 \text{ кВар}$$

$$P_{ВН} = P_{\max} + \Delta P = 205,2 + 6,4 = 211,6 \text{ кВт} \quad \text{По формуле} \quad (2.27)$$

$$Q_{ВН} = Q_{\max} + \Delta Q_T = 242,2 + 32 = 274,2 \text{ кВа} \quad (2.28)$$

$$S_{ВН} = \sqrt{211,6^2 + 274,2^2} = 346,3 \text{ кВ} \cdot \text{А}$$

$$I_{ВН} = \frac{S_{ВН}}{\sqrt{3}U} = \frac{346,3}{1,73 \cdot 10} = 20,01 \text{ А} \quad (2.33)$$

Для этого тока рассчитаем сечение

$$S_{ЭК} = I_{ВН} / j = 20,01 / 1,4 = 14,3 \text{ мм}^2$$

$$S = 25 \text{ мм}^2 \quad I_{дл. доп} = 110 \text{ А}; I = 0,9 \cdot 110 = 99 \text{ А}$$

Предохранитель подходит если соблюдаются отношения:

$I_{ном. пр-ля} > I_{раб. вн}$ , т.к.  $I_{раб. вн} = 20,01$  можно использовать предохранитель типа: ПКТ 103-6-100-31, который имеет  $I_{ном. пр-ля} = 30$ .



Для выбора выключателя нагрузки используем данные тока короткого замыкания в точке К1, который равен 20 кА. При выборе выключателя нагрузки соблюдается следующее отношение:

$I_{ном.откл} > I_{кз}$  в данном проекте подходит выключатель нагрузки типа ВНР-10 / 400-10 ЗУЗ, который имеет  $I_{ном.откл} = 400A$  и  $I_{уд} = 25A$

Автоматический выключатель выбирается по номинальному току, который находится по номинальному току по формуле:

$$I_H = S_{HT} / \sqrt{3} U \quad (2.48)$$

$$I_H = 110 / 1,73 \cdot 0,38 = 167,32 A$$

Сравнивая эту величину с величиной номинального тока расцепителя выбираем автоматический выключатель типа АЗ740Б

$$I_H > I_{ном.расцеп}$$

Опорный изолятор выбирается по отношению:  $F_{доп} > F$

$$F_{доп} = 0,6 F_{раз} \quad (2.49)$$

$$F_{доп} = 0,6 \cdot 7,5 = 4,5 \text{ кН, т.к. } F_{раз \text{ на изгиб}} = 7,5 \text{ кН}$$

$$F = 1,76 \frac{(iy\partial)^2 l}{a} \cdot 10^{-7} = 1,76 \frac{14,98^2 \cdot 1}{200} \cdot 10^{-7} = 2 \text{ кН}$$

Исходя из этого, выбираем опорный изолятор типа ИО-10-7,50УЗ

$$\text{т.к. } F < F_{доп}; 2 < 4,5$$

Шины в распределительных устройствах выбирают по номинальному току и напряжению, и проверяются по режиму КЗ.

$$\Delta P = 0,02 \cdot 2S_{HT} = 0,02 \cdot 320 = 6,4 \text{ кВт} \quad (2.31)$$

$$\Delta Q_T = 0,1 \cdot 2S_{HT} = 0,1 \cdot 320 = 32 \text{ кВар} \quad (2.32)$$

$$P_{ВН} = 567 + 16 = 583 \text{ кВт} \quad (2.27)$$

$$S_{ВН} = \sqrt{211,6^2 + 274,2^2} = 346,3 \text{ кВ} \cdot \text{А}$$

Найдем ток на высоком напряжении

$$I_{ВН} = S_{ВН} / \sqrt{3} U = 20,01 \text{ А}; j_{ЭК} = 1,1 \text{ А/мм}^2 \text{ т.к. } T_{max} < 5000 \text{ ч.}$$

$$S_{Э} = I_{ВН} / j_{Э} = 20,01 / 1,4 = 14,3$$

$$S_{Э} = 25 \text{ мм}^2 \quad I_{ДЛ} = 0,9 \cdot 110 = 99 \text{ А} \quad I_{ДЛ} > I_{ВН}$$

					.....ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		25

$$I_{HH} = S_{HT} / \sqrt{3} U_H = 160 / 1,73 \cdot 0,38 = 243,4 \text{ A} \quad (2.50)$$

$$S_{ЭК} = I_{HH} / j_{ЭК} = 243,4 / 1,1 = 267,7 \quad (2.51)$$

$J_{ЭК}$  – экономическая плотность тока

$S_{ЭК}$  – экономическая целесообразность сечения тока

Шины:  $S = 300 \text{ мм}^2$      $50 \times 6 \text{ мм}^2$

## 2.11 Расчет заземляющего устройства

Заземляющее устройство предназначено для защиты человека от токов короткого замыкания. Необходимо определить число электродов заземления подстанции напряжением 10/0,4 кВ. На стороне с напряжением 10 кВ нейтраль изолирована, на стороне с напряжением 0,4 кВ наглухо заземлена.

Удельное сопротивление  $\rho = 100 \text{ Ом}\cdot\text{м}$

Ток заземлен = 27А, напряжение  $U = 125 \text{ В}$

Сопротивление заземляющего устройства для сети 10кВ

$$R_3 = U_3 / I_3 = 125 / 27 = 4,63 \text{ Ом} \quad (2.56)$$

Сопротивление одиночного пруткового электрода

$$R_o = 0,227 \cdot \rho = 0,227 \cdot 100 = 22,7 \quad (2.57)$$

Число заземлителей

$$n = R_o / \eta R_3 = 22,7 / 0,7 \cdot 4 = 8 \quad (2.58)$$

где  $\eta = 0,7$  при  $d / 2 > 1$

$R_3 = 4 \text{ Ом}$  по нормам

$R_o$  – сопротивление одиночного заземлителя

$L$  – длина проводника

$\rho$  - удельное сопротивление грунта

$\eta$  - коэффициент экранирования

8 электродов

$$R = R_o / n \times \eta = 22,7 / 8 \cdot 0,7 = 4,05 \text{ Ом}$$

## Вопрос ТБ

### Порядок организации работ по наряду-допуску.

К работе на электросетях и электроустановках допускаются лица, имеющие удостоверение о присвоении им соответствующей квалификационной группы по электробезопасности.

Удостоверение выдается после сдачи экзамена на знание "Правил эксплуатации электроустановок потребителей", "Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей", "Единых правил безопасности при разработке полезных ископаемых открытым способом" и инструкций применительно к профессии или занимаемой должности.

Лица, обслуживающие электроустановки, при производстве работ должны иметь при себе удостоверение о присвоении квалификационной группы.

Работы в электроустановках производятся по наряду-допуску, распоряжению, в порядке текущей эксплуатации.

Наряд-допуск - это задание на безопасное производство работы, оформленное на специальном бланке установленной формы и определяющее содержание, место работы, время ее начала и окончания, условия безопасного проведения, состав бригады и лиц, ответственных за безопасность выполнения работы, и пр.

Право выдачи нарядов-допусков и распоряжений предоставляется лицам электротехнического персонала предприятия, уполномоченным на это распоряжением лица, ответственного за электрохозяйство предприятия, подразделения. Указанные лица должны иметь квалификационную группу V (в установках напряжением до 1000 В - не ниже IV).

Список лиц, которые могут назначаться ответственными руководителями и производителями работ по нарядам-допускам и

					.....ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		27

распоряжениям, а также наблюдающими за выполнением работ, утверждается ответственным за электрохозяйство предприятия, подразделения.

При производстве работ по наряду-допуску или распоряжению с записью в оперативном журнале обязанности допускающего выполняют:

на экскаваторе - машинист экскаватора или специально назначенное лицо;

в распределительных устройствах и передвижных трансформаторных подстанциях - лицо оперативного и оперативно-ремонтного персонала или лицо, специально на это уполномоченное, с квалификационной группой не ниже IV;

на приключательных пунктах и комплектных трансформаторных подстанциях, к которым подключены экскаваторы, буровые станки - машинисты этих горных машин с квалификационной группой не ниже IV либо лицо оперативного или оперативно-ремонтного персонала с их уведомлением.

Выполнение работ в электроустановках напряжением выше 1000 В

По наряду-допуску оперативно-ремонтным и ремонтным персоналом выполняются работы:

на действующих воздушных линиях электропередачи напряжением выше 1000 В, связанные с подъемом на опору, приключательный пункт, КТП и др. выше 2 м от поверхности их установки;

ремонтные работы, выполняемые в электроустановках напряжением выше 1000 В со снятием напряжения или без снятия на токоведущих частях и вблизи них;

на действующих кабельных линиях из бронированных и гибких кабелей (ремонт, переукладка) на местах их прокладки.

В электроустановках напряжением до 1000 В оперативным, оперативно-ремонтным и ремонтным персоналом производятся по наряду-допуску ремонтные работы:

					.....ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		28

на воздушных линиях, осветительных сетях с подъемом на опору;  
в распределительных устройствах, на щитах, сборках;  
на кабельных сетях.

					.....ПЗ	Лист
						29
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

## Список использованных источников

1. Зюзин А.Ф. Монтаж, эксплуатация и ремонт электрооборудования промышленных предприятий и установок. – М.: Высшая школа, 1986.
2. Бондаренко В.Л. Справочник электромонтажника. – К.: Будивельник, 1976.
3. Белоруссов Н.И., Саакян А.Е., Яковлева А.И. Электрические кабели, провода и шнуры. Справочник. – М.: Энергоатомиздат, 1987.
4. Конюхова Е.А. Электроснабжение объектов. - М.: Высшая школа, 2001.
5. Липкин Б.Ю. Электроснабжение предприятий и установок. - М.: Высшая школа, 1990г.
6. Мовсеев Н.В. Справочник по монтажу электроустановок промышленных предприятий. М.: Энергоиздат, 1982.
7. Неклепаев Б.Н., Крюков И.П. Электрическая часть электростанций и подстанций. – М.: Высшая школа, 1989.
8. Тихомиров П.М. Расчет трансформаторов. – М.: Энергоатомиздат, 1986.