

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»

**РАСЧЕТ ПРОЕКТА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО
ЦЕХА ЭЛЕКТРОМАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ЗАВОДА**

Выпускная квалификационная работа
по направлению подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение (по
отраслям)
профилю подготовки «Энергетика»
специализации «Энергохозяйство предприятий, организаций, учреждений и
энергосберегающие технологии»

Идентификационный код ВКР: 325

Екатеринбург 2017

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»
Институт инженерно-педагогического образования
Кафедра электрооборудования и энергоснабжения

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:

Заведующая кафедрой ЭС

_____ А.О. Прокубовская

« _____ » _____ 2017 г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ЦЕХА РАСЧЕТ ПРОЕКТА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ЗАВОДА

Исполнитель:

студент(ка) группы ЭС-402

(подпись)

Я. А. Ханов

Руководитель:

ст. преподаватель кафедры ЭС

(подпись)

Ю.А. Юксеев

Нормоконтролер:

ст. преподаватель кафедры ЭС

(подпись)

Т.В. Лискова

Екатеринбург 2017

АННОТАЦИЯ

Пояснительная записка содержит 70 листов печатного текста, 54 формул, 11 таблиц, 22 рисунка.

Ключевые слова: ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ПЛАН МЕХАНИЧЕСКОГО ЦЕХА, СХЕМА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ, ЗАЗЕМЛЕНИЕ И МОЛНИЕЗАЩИТА, ТОКИ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ, ЛОКАЛЬНАЯ СМЕТА.

Ханов Я.А. Расчет проекта механического цеха по дисциплине «Электроснабжения промышленных предприятия»: выпускная квалификационная работа / Я.А. Ханов; Рос. Проф. – пед.ун – т,Ин-т.инж,-пед. Образования, каф. Электрооборудования и энергоснабжения. – Екатеринбург, 2017.-73с.

Краткая характеристика содержания ВКР:

1.Тема выпускной квалификационной работы: «Расчет проекта электроснабжения механического цеха электромашиностроительного завода». В работе проведен расчет электроснабжения механического цеха, раздел учебно методического обеспечения по теме «силовых трансформаторы» обучения студентов профиля «Энергетика» направления подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям) разделу «Силовые трансформаторы» по дисциплины «Электропривод».

Предметом исследования является система электроснабжения цеха.

2. *Целью* данной работы является разработка проекта схемы электроснабжения механического цеха и проектирования освещения механического цеха, с последующей реконструкцией освещения потолка цеха.

3. В ходе выполнения квалификационной работе выполнен анализ рабочей дисциплины «Электроснабжения цеха», проведен анализ

Рассчитать электрические нагрузки механического цеха.

Произвести технико-экономический расчет.

Выполнит расчет токов короткого замыкания.

Определить расчетную мощность осветительной сети.

Выполнить расчет осветительной сети по потере напряжения.

СОДЕРЖАНИЕ

АННОТАЦИЯ	2
ВВЕДЕНИЕ	5
1 КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА ПРОЕКТИРОВАНИЯ	6
1.1 Описание характеристики объекта	7
1.2 Анализ нагрузок механического цеха	7
1.2.1 Электрооборудования механического цеха	7
1.2.2 Расчет электрических нагрузок механического цеха	10
1.2.3 Перспектива развития и последующая модернизации	10
1.2.4 Электрические нагрузки цеха	11
1.2.5 Выбор схемы цеховой электрической сети	13
1.2.6 Выбор цеховых трансформаторов механического цеха с учетом компенсации реактивной мощности	17
1.2.7 Построение план-схемы цеховой сети	18
1.2.8 Выбор комплектных шинопроводов	22
1.2.9 Техничко-экономический расчет	25
1.2.10 Расчет токов короткого замыкания	9
1.2.11 Выбор сечений проводов и жил кабельных линий	11
1.2.12 Выбор распределительного шкафа	13
2 РАЗРАБОТКА И ВЫБОР ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЦЕХА	14
2.1 Заземление и молниезащита здания	14
2.2 Молниезащита механического цеха	16
2.3 Искусственное освещение потолка механического цеха	17
2.3.1 Выбор и расположение светильников потолка	18
2.3.2 Выбор светильников	26
2.3.3 Расчетная мощность осветительной сети	26
2.3.4 Компенсация реактивной мощности	27
2.3.5 Расчет осветительной сети по потере напряжения	28
2.3.6 Защита осветительных сетей	29
2.3.7 Заземление в осветительных установках	30
2.3.8 Управление освещением	30
2.3.9 Эксплуатация осветительных установок	31
3 МЕТОДИЧЕСКАЯ РАЗРАБОТКА ТЕМЫ « ТЕХНИКО ОБСЛУЖИВАНИЯ	

ТРАНСФОРМАТОРОВ»	34
3.1 Структурно логический анализ	34
3.1.1 Спецификация учебных элементов по теме «Техническое обслуживание и ремонт трансформаторов»	34
3.1.2 Граф учебных элементов	35
3.2 План изучения темы	35
3.2.1 Назначение трансформаторов	35
3.2.2 Устройство трансформаторов	36
3.2.3 Принцип работы трансформаторов	39
3.2.4 Техническое обслуживание, монтаж трансформаторов	41
3.3 План практический обучения	42
3.3.1 Задания	42
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	49
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	51

ВВЕДЕНИЕ

Данная работа состоит из двух основных частей - «Анализ схемы электроснабжения механического цеха» и «Анализ освещения потолка механического цеха, с последующей реконструкцией освещения потолка».

В первой части произведен анализ нагрузок цеха с учетом категорий по бесперебойности питания. Исследованы секции шин на предмет соответствия подключенной к ним нагрузки. Выбраны цеховые трансформаторы с учетом компенсации реактивной мощности и исследованы различные режимы их работы, как и в нормальном режиме работы. В работе была выбрана схема освещения. Рассмотрены различные схемы освещения потолка механического цеха. Выбраны для освещения потолка более надежные источники света. Также разработана схема дистанционного управления освещением и рекомендована система планово-профилактического обслуживания светильников.

Объектом исследования является цех Электромашиностроительного завода.

Предметом исследования является система электроснабжения цеха.

Целью данной работы является разработка проекта схемы электроснабжения механического цеха и проектирования освещения механического цеха, с последующей реконструкцией освещения потолка цеха.

Задачи:

- рассчитать электрические нагрузки механического цеха;
- произвести технико-экономический расчет;
- рассчитать токи короткого замыкания;
- рассчитать мощность осветительной сети;
- рассчитать осветительной сети по потере напряжения.

1 КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА ПРОЕКТИРОВАНИЯ

В качестве объекта проектирования предлагается механический цех, расположенный на территории Электромашиностроительного завода. На данный момент - это крупное многоотраслевое предприятие электротехнической промышленности, выпускающий более 1000 наименований продукции для 3000 потребителей в стране и за рубежом. На заводе производят крупные электрические машины, гидрогенераторы, высоковольтную аппаратуру, трансформаторное оборудование.

Рассматриваемый участок проектирования включает в себя механический цех, в котором будет производиться изготовление промышленного оборудования, металлоконструкций, поковок, метизов, предназначенных для сборки различной продукции завода.

Все потребители электрической энергии в соответствии с подразделяются на категории по бесперебойности электроснабжения.

Надёжность электроснабжения, способность системы электроснабжения обеспечить предприятие электроэнергией хорошего качества, без срыва плана производства и не допускать аварийных перерывов в электроснабжении.

Характеризуя оборудование данного цеха все электроприёмники (ЭП) можно отнести: по напряжению ЭП, питание которых целесообразно при напряжении 380-660 В; по роду тока - ЭП, питающиеся от сети переменного тока нормальной промышленной частоты.

К *первой категории* надёжности относятся вентиляторы, концентраторы тревожной сигнализации, автоматика.

Ко *второй категории* надёжности относятся станки, прессы, краны, освещение, печи электрические, сушилки.

К *третьей категории* надёжности относятся все остальные электроприёмники.

Автоматический ввод резерва (АВР) для электроприёмников первой и второй категории надёжности предусматривается обеспечивать на местных силовых пунктах.

Для данного типа сооружения необходимо присвоение категории второй, зона исходя из условий пожарной безопасности.

Установочная мощность цеха в целом составляет порядка $P_{уст}=2100$ кВт. Кабельные линии длиной 50 метров в проложенные в траншее. Номинальное напряжение распределительного пункта завода - 10,5 кВ. Номинальное напряжение главной понизительной подстанции - 110/35/10кВт.

1.1 Описание характеристики объекта

Механический цех обеспечивается питанием от комплектной трансформаторной подстанции напряжением 10/4 кВ. Расположен на территории электромашиностроительного завода. Механический цех выпускает заготовки которые используются для сборки электрических машин (статора, крестовины и полюса электрических машин и другие.).

В цехе выполняются токарные, расточные, фрезерные работы и сверление отверстий деталей.

1.2 Анализ нагрузок механического цеха

1.2.1 Электрооборудования механического цеха

Производственное помещение класса IP22

В состав электрооборудования механического цеха входят следующие устройства (порядковый номер оборудования соответствует номеру на генеральном плане цеха), представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Электрооборудование механического цеха

Название эл. оборудования	Кол-во эл. питания, шт	Установленная мощность $P_{ном}$, кВт	Коэф.использования $K_{и}$	$\cos\varphi$	$Tg\varphi$	Коэффициент спроса K_c
1	2	3	4	5	6	7
1.Кран мостовой электрический/п 15/3 тонны	1	51,5	0,65	0,85	0,62	0,7

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7
2.трансформатор сварочный ТС-500	4	96	0,45	0,6	1,33	0,5
3.прец-ножницы НБ-633	2	5,5	0,6	0,85	0,62	0,7
4.Станок обдирочношлифовальный	2	3	0,65	0,85	0,62	0,7
5.Станок токарновинторезный 1К62	4	10,925	0,65	0,85	0,62	0,7
6.Станок вертикально-сверлильный 2А135	4	4,625	0,65	0,85	0,62	0,7
7.Станок поперечно-строгальный 7М36	2	8	0,65	0,85	0,62	0,7
8.Станок фрезерный 6Н8СШ	2	4,1	0,65	0,85	0,62	0,7
9.Молот МБ-412	1	10	0,65	0,85	0,62	0,7
10.Печь камерная 7-50	4	50	0,75	0,9	0,48	0,8
11.Трансформатор сварочный ТС-300	3	50	0,45	0,6	1,33	0,5
12.Пресс правильный Н18В	1	22	0,65	0,85	0,62	0,7
13.Квантователь	2	12	0,65	0,85	0,62	0,7
14.Стиральная машина	2	0,6	0,65	0,85	0,62	0,7
15.Центрифуга	2	0,6	0,65	0,85	0,62	0,7
16.Сушильный барабан	2	1,2	0,65	0,85	0,62	0,7
17.Насос ШДП-125	2	4,5	0,65	0,85	0,62	0,7
18.Станок колесно-токарный	2	55	0,65	0,85	0,62	0,7
19.Станок токарно-накатной МК1776	2	20	0,65	0,85	0,62	0,7
20.Индукционный электрогорн	3	68	0,75	0,9	0,62	0,8
21.Аппарат для наплавки бандажей А-482	1	0,27	0,45	0,6	1,33	0,5
22.Станок настольно сверлильный НС-12А	4	0,62	0,65	0,85	0,62	0,7
23.Станок специального назначения Т-1364	1	16,32	0,65	0,85	0,62	0,7
24.Кран мостовой электрический г/п 50/5 тонн	1	188	0,65	0,85	0,62	0,7
25.Стенд для правки пластин	1	15,7	0,65	0,85	0,62	0,7
26.Моечная машина ММД-12Б	2	62	0,65	0,85	0,62	0,7
27.Передаточная тележка	2	62	0,65	0,85	0,62	0,7
28.Привод распашных ворот	3	16,8	0,65	0,85	0,62	0,7
29.Станок отрезной (электромеханической)	2	80	0,65	0,85	0,62	0,7
30.Система вентиляции и кондиционирования (АД)	20	0,6	0,65	0,9	0,48	0,7
31.Отопление цеха (ПЭТ)	60	1	0,65	0,85	0,62	0,7

Для определения расчетной нагрузки цеха в целом, целесообразно, до окончательного расчета, расчет осветительной сети на данном этапе выполнить ориентировочно по удельной плотности осветительной нагрузки на квадратный метр производственной площади и коэффициенту спроса. В соответствии с данным методом расчетная осветительная нагрузка принимается равной средней мощности освещения в наиболее загруженную смену и определяется в соответствии с формулами:

$$P_{p.o} = K_c * P_{p.o}, \quad (1)$$

где $P_{p.o}$ - расчётная осветительная нагрузка, кВт;

K_c - коэффициент спроса по активной мощности осветительной нагрузки, числовые значения которого принимаются по таблице 1;

$P_{y.o}$ - установленная мощность приемников освещения по цеху, кВт.

$$P_{y.o} = P_o * F, \quad (2)$$

где F - площадь пола производственного помещения, м²;

p_o - удельная расчетная мощность, кВт/м².

$$Q_{p.o} = tg\varphi_o * P_{p.o}. \quad (3)$$

где $tg\varphi_o$ - коэффициент реактивной мощности.

На основании вышеперечисленных значений определяется расчетная мощность необходимая на освещение механического цеха, по формуле (1) и (2):

$$P_{y.o} = 0,016 \cdot 10368 = 165,89 \text{ кВт},$$

где $F = A \times B = 144 \times 72 = 10368 \text{ м}^2$.

$$P_{p.o} = 0,95 \cdot 165,89 = 157,6 \text{ кВт},$$

где $K_c = 0,95$ - для производственного здания, состоящего из крупных пролетов.

Для освещения цеха предварительно выбираем светильники с газоразрядными лампами высокого давления с компенсацией реактивной мощности ($\cos\varphi = 0,5$, $tg\varphi = 1,73$), вычисляем по формуле (3)

$$Q_{p.o} = 1,73 \cdot 157,6 = 272,648 \text{ квар.}$$

Полная расчетная мощность освещения определяется:

$$S_{p.o} = \sqrt{P_{p.o}^2 + Q_{p.o}^2};$$

$$S_{p.o} = \sqrt{157,6^2 + 272,648^2} = 315 \text{кВА}.$$

1.2.2 Расчет электрических нагрузок механического цеха

Из существующих методик расчета электрических нагрузок в данном случае целесообразно применять метод упорядоченных диаграмм. Использование этого метода позволяет получить наименьшую погрешность расчетов. В соответствии с данным методом расчетную активную нагрузку приемников электроэнергии на всех ступенях питающих и распределительных сетей (включая трансформаторы и преобразователи) определяют по средней мощности и коэффициенту максимума. Значение коэффициента максимума зависит от коэффициента использования $K_{н.а.}$ данной группы приемников и эффективного числа приемников $n_{эф}$. Под эффективным числом приемников группы различных по номинальной мощности и режиму работы приемников понимают число однородных по режиму работы приемников одинаковой мощности, которое обуславливает ту же расчетную нагрузку, что и данная рассматриваемая группа:

$$(n_{эф} = (\sum_{i=1}^n P_{ном.i})^2 / \sum_{i=1}^n P_{ном.i}^2).$$

(5)

Расчетную реактивную нагрузку принимают равной при $n_{эф} \leq 10$ $Q_p = I, I \cdot Q_{ср.м.}$, а при $n_{эф} \geq 10$ $Q_p = Q_{ср.м.}$.

В методе упорядоченных диаграмм допустимая погрешность для инженерных расчетов, равна 10%. Однако, на практике применение этого метода обуславливает погрешность порядка 20-40%, поэтому дальнейший расчет необходимо проводить с особой тщательностью.

1.2.3 Перспектива развития и последующая модернизации

Учитывая то обстоятельство, что данная работа носит исследовательский характер, а все параметры установленного и действующего оборудования нам известны, в соответствии с рекомендациями руководства и общей политики

всего комплекса, предлагается модернизация некоторого оборудования механического цеха, включающая в себя частичную замену действующего оборудования на более новое, плюс установка дополнительных видов оборудования.

1.2.4 Электрические нагрузки цеха

В таблице 2 представлен перечень выбранного оборудования. Номера оборудования соответствуют номерам на генеральном плане цеха.

Таблица 2 - Расчетные электрические нагрузки цеха

Номер эл.оборуд	K_i	n, шт	$P_{ном}$, кВт	$tg\phi$	$P_{см}$, кВт	$Q_{см}$, квар
1	2	3	4	5	6	7
1	0,65	1	51,5	0,62	33,48	20,76
2	0,45	4	96	1,33	4x43,2	4x57,46
3*	0,6	2	5,5	0,62	2x3,3	2x2,05
4	0,65	2	3	0,62	2x1,95	1,21
5*	0,65	4	15	0,62	4x9,75	4x6,05
6*	0,65	4	4,625	0,62	4x3,01	4x1,86
7	0,65	2	8	0,62	2x5,2	2x3,22
8	0,65	2	4,1	0,62	2x2,67	2x1,65
9	0,65	1	10	0,62	6,5	4,03
10	0,75	4	50	0,48	4x37,5	4x18
11	0,45	3	50	1,33	3x22,5	3x29,93
12	0,65	1	22	0,62	14,3	8,87
13	0,65	2	12	0,62	2x7,8	2x4,84
14	0,65	2	0,6	0,62	2x0,39	2x0,24
15	0,65	2	0,6	0,62	2x0,39	2x0,24
16	0,65	2	1,2	0,62	2x0,78	2x0,48
17	0,65	2	4,5	0,62	2x2,93	2x1,81
18	0,65	2	55	0,62	2x35,75	2x22,17

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7
19	0,65	2	20	0,62	2x13	2x8,06
20	0,75	3	68	0,62	3x51	3x31,62
21	0,45	1	0,27	1,33	0,12	0,16
22	0,65	4	0,62	0,62	4x0,4	4x0,25
23	0,65	1	16,32	0,62	10,61	6,58
24	0,65	1	188	0,62	122,2	75,76
25	0,65	1	15,7	0,62	10,21	6,33
26	0,65	2	62	0,62	2x40,3	2x24,99
27	0,65	2	62	0,62	2x40,3	2x24,99
28	0,65	3	16,8	0,62	3x10,92	3x6,77
29	0,65	2	80	0,62	2x52	2x32,24
30	0,65	20	0,6	0,62	20x0,39	20x0,24
31	0,65	60	1	0,62	60x0,65	60x0,4
32	0,65	1	250	0,62	165,2	100,75

Примечание: знак * означает номер оборудования, которое подверглось замене.

В частности замене подверглось нижеследующее оборудование:

№ 3 - пресс-пожницы НБ-633 заменены на пресс-ножницы НГ5223 мощностью $P_{ном} = 5,5$ кВт;

№ 5 - станок токарно-винторезный 1К62 на станок токарно-винторезный 1М63Н/8000 мощностью $P_{ном} = 15$ кВт;

№ 6 - станок вертикально-сверлильный 2А135 на станок вертикально сверлильный СФ-16-04 мощностью $P_{ном} = 4,625$ кВт;

№ 29 - станок отрезной (электромеханический) на станок отрезной 8725 (ножовочный) мощностью $P_{ном} = 80$ кВт;

№ 32 - станок шлифовальный ТШ-1 мощностью $P_{ном} = 250$ кВт - новое оборудование.

Микроклимат на участке нормальный, то есть температура воздуха

непревышает +30 °С, отсутствуют технологическая пыль, газы и пары, способные нарушить нормальную работу оборудования.

Генеральный план механического цеха с расположением оборудования представлен (рисунке)1.

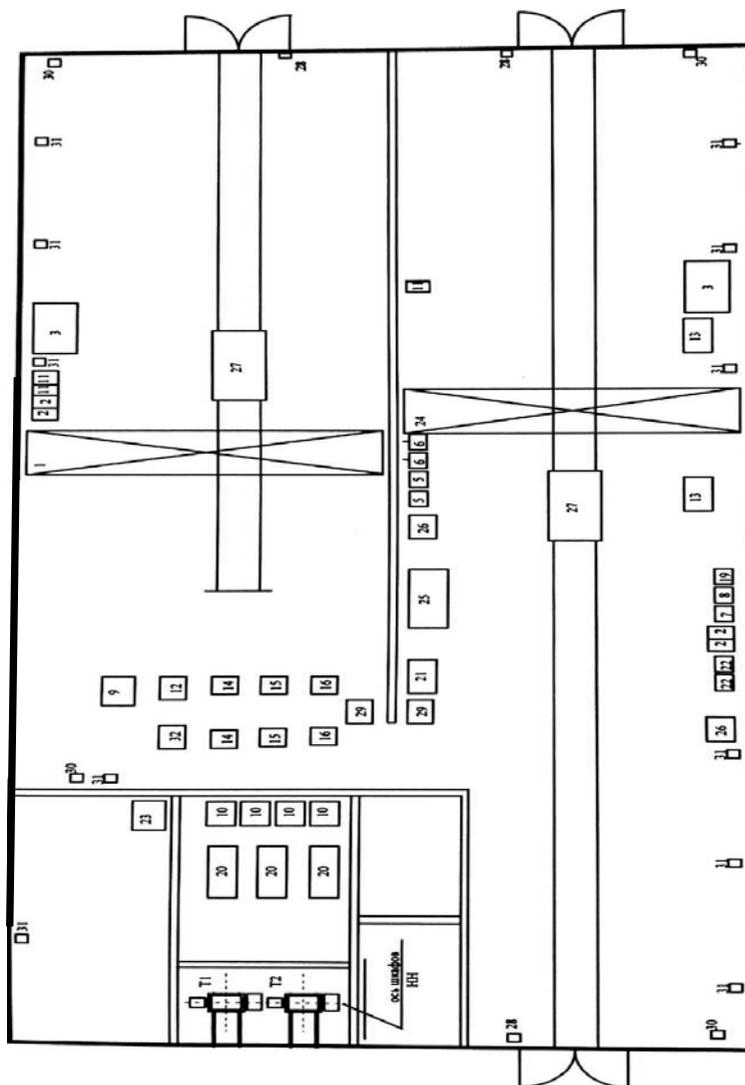


Рисунок 1 - Генеральный план цеха с расположением оборудования

1.2.5 Выбор схемы цеховой электрической сети

Цеховые сети распределения электроэнергии должны:

- обеспечивать необходимую надежность электроснабжения приемников электроэнергии в зависимости от их категорий;
- быть удобными и безопасными в эксплуатации;
- иметь оптимальные технико-экономические показатели (минимум приведенных затрат);

- иметь конструктивное исполнение, обеспечивающее применение индустриальных и скоростных методов монтажа.

Учитывая тот факт, что нагрузки цеха рассредоточены по всей его площади, то целесообразно задействовать магистральные схемы электроснабжения с несколькими магистралями, питающимися от одного цехового трансформатора.

Цеховая трансформаторная подстанция (ТП) должна иметь распределительное устройство (РУ) низшего напряжения с числом линейных автоматических выключателей, равным числу присоединенных магистралей.

Источником рекомендуется применять магистральные схемы с числом отходящих от ТП магистралей, не превышающим числа силовых трансформаторов.

При этом суммарная пропускная способность питающих магистралей не должна превышать суммарной номинальной мощности силовых трансформаторов.

Магистральные схемы обеспечивают высокую надежность электроснабжения, обладают универсальностью и гибкостью (позволяют заменять технологическое оборудование без особых изменений электрической сети).

Отдельные группы потребителей получают питание посредством распределительных магистралей.

Такие схемы выполняются посредством комплектных распределительных шинопроводов (ШРА) на токи до 630А. Магистральные же шинопроводы выполняются посредством комплектных магистральных шинопроводов (ШМА) на токи до 2500 А.

Учитывая все вышеизложенные доводы целесообразно, согласно методики, метода упорядоченных диаграмм распределить все потребители электроэнергии на группы.

Согласно следующим формулам рассчитываются итоговые показатели по группам:

$$P_{см} = \sum K_u * P_{ном}, \quad (5)$$

где $P_{см}$ – средняя нагрузка за максимально загруженную смену, кВт;

$\sum K_u$ - суммарный коэффициент использования;

$P_{ном}$ - установленная мощность, кВт.

$$Q_{см} = \sum P_{см} * tg\varphi, \quad (6)$$

где $Q_{см}$ - средняя реактивная нагрузка, квар;

$tg\varphi$ - коэффициент реактивной мощности.

$$P_{макс} = K_{макс} * P_{см},$$

(7)

где $P_{макс}$ - максимальная активная расчетная мощность, кВт;

$K_{макс}$ - коэффициент максимума.

$$Q_{макс} = 1,1 * Q_{см}, \quad (8)$$

где $Q_{см}$ - максимальная реактивная расчетная мощность при $n_{эф} \leq 10$, квар.

$$S_{макс} = P_{макс}^2 + Q_{макс}^2, \quad (9)$$

где $S_{макс}$ - полная мощность, кВА.

$$I_{макс} = S_{макс} / 3 * U_{ном}, \quad (10)$$

где $I_{макс}$ - расчетный максимальный ток, А;

$U_{ном}$ - номинальное напряжение, кВ.

Используя все вышеприведенные формулы и начальные данные, сводим решение в таблицу 3.

Таблица 3 – Расчет по группам электропотребителей цеха

Наименование по	п, шт	$P_{ном}$ кВт	$\sum P$ кВт	K_u	$\cos\varphi$	$tg\varphi$	$P_{см}$ кВт	$Q_{см}$ квар	$n_{эф}$	K_M	P_p кВт	Q_p квар	S_p , кВ А	I_p , А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Группа 1	1													
1	1	51,5	51,5	0,65	0,85	0,62	33,5	20,8						
2	2	96	172	0,45	0,6	1,33	43,2	57,5						
3	1	5,5	5,5	0,6	0,85	0,62	3,3	2,05						
4	2	3	6	0,65	0,85	0,62	3,9	2,42						
5	2	15	30	0,65	0,85	0,62	19,5	12,1						
6	2	4,625	9,5	0,65	0,85	0,62	6	3,73						
7	1	8	8	0,65	0,85	0,62	5,2	3,22						
11	2	50	100	0,45	0,60	1,33	45	59,8						
17	2	4,5	9	0,65	0,85	0,62	5,85	3,63						
18	2	55	110	0,65	0,85	0,62	71,5	44,3						
19	1	20	20	0,65	0,85	0,62	13	18,1						
22	2	0,62	1,24	0,65	0,85	0,62	0,81	0,5						
27	1	62	62	0,65	0,85	0,62	40,3	25						

30	10	0,6	6	0,65	0,9	0,48	0,54	0,26							
Продолжение таблицы 3															
Итого по 1	31		590,5	0,54			291	180	9	1,34	389,5	198	437	664	
Группа 2															
9	1	10	10	0,65	0,85	0,62	6,5	4,03							
12	1	22	22	0,65	0,85	0,62	14,3	8,87							
14	2	0,6	1,2	0,65	0,85	0,62	0,78	0,48							
15	2	0,6	1,2	0,65	0,85	0,62	0,78	0,48							
16	2	1,2	2,4	0,65	0,85	0,62	1,56	0,97							
29	1	80	80	0,65	0,85	0,62	52	32,2							
32	1	250	250	0,65	0,85	0,62	162	101							
Итого по 2	10		366,8	0,65			238	148	2	1,4	333,8	163	371	564,2	
Группа 3															
10	4	50	200	0,75	0,9	0,48	150	93							
20	3	68	204	0,75	0,9	0,62	153	94,9							
23	1	16,32	16,32	0,65	0,85	0,62	10,6	6,58							
Итого по 3	8		420,3	0,74			314	194	7	1,35	379,5	214	436	662	
Группа 4															
5	2	15	30	0,65	0,85	0,62	19,5	12,1							
6	2	4,625	9,25	0,65	0,85	0,62	6	3,73							
11	1	50	50	0,45	0,6	1,33	22,5	30							
21	1	0,27	0,27	0,45	0,6	1,33	0,12	0,16							
25	1	15,7	15,7	0,65	0,85	0,62	10,2	6,33							
26	1	62	62	0,65	0,85	0,62	40,3	25							
27	1	62	62	0,65	0,85	0,62	40,3	25							
28	2	16,8	33,6	0,65	0,85	0,62	21,8	13,5							
29	1	80	80	0,65	0,85	0,62	52	32,2							
Итого по 4 гр	12		342,8	0,62			213	148	7	1,3	276,6	163	321	488	
Группа 5															
2	2	96	192	0,45	0,6	1,33	43,2	57,5							
3	1	5,5	5,5	0,6	0,85	0,62	3,3	2,05							
7	1	8	8	0,65	0,85	0,62	5,2	3,22							
8	1	4,1	4,1	0,65	0,85	0,62	2,67	1,65							
13	2	12	24	0,65	0,85	0,62	7,8	4,84							
19	1	20	20	0,65	0,85	0,62	13	8,6							
22	2	0,62	1,24	0,65	0,85	0,62	0,4	0,25							
26	1	62	62	0,65	0,85	0,62	40,3	25							

28	1	16,8	16,8	0,65	0,85	0,62	10,9	6,77						
----	---	------	------	------	------	------	------	------	--	--	--	--	--	--

Окончание таблицы 3

30	10	0,6	6	0,65	0,9	0,48	0,54	0,26						
31	30	1	30	0,65	0,85	0,62	0,65	0,4						
Итого по 5 гр.	52		360	0,53			194	120	6	1,31	253,9	132	286	435
Итого по цеху	113		2080	0,61			1250	790	31	0,95	1633	870	1850	2681

1.2.6 Выбор цеховых трансформаторов механического цеха с учетом компенсации реактивной мощности

Учитывая удельную плотность нагрузки, принимаем к установке трансформаторы с номинальной мощностью $S_{ном.тр} = 1600$ КВА.

Коэффициент загрузки определяется:

$$K_z = S_{расч.ц} / 2 * S_{ном.тр};$$

$$K_z = 2057,833 / 2 * 1600 = 0,643.$$

Так как в цеху преобладают потребители электрической энергии второй категории по бесперебойности электроснабжения, то допускается коэффициент загрузки до 0,9. Следовательно, нагрузки цеха можно еще увеличить до 2880 КВА или на 28,55%. Данный процент заложен под дальнейшую возможность увеличения производственных мощностей цеха.

Находится по (4.28), наибольшая реактивная мощность, которую целесообразно передать через выбранные трансформаторы:

$$Q_{max,m} = \sqrt{(N_{opt} * K_z * S_{ном,m})^2 - P_{расч,ц}},$$

$$Q_{max,m} = \sqrt{(2 * 0,643 * 1600)^2 - 1701,27^2} = 1157,3 \text{ квар.}$$

Мощность конденсаторных батарей определяется:

$$Q_{нк} = Q_{расч.ц} - Q_{max,m} \text{ (12);}$$

$$Q_{нк} = 1157,73 - 1157,3 = 0,438 \text{ квар.}$$

Следовательно, компенсация реактивной мощности на шинах ЦТП не требуется.

Окончательно к установке принимается трансформатор типа ТМ-1600 с

номинальными данными: $U_{вн} = 10,5 \text{ кВ}$; $U_{нн} = 0,4 \text{ кВ}$, $S_{ном} = 1600 \text{ кВА}$, $\Delta P_{xx} = 2,1 \text{ кВт}$,
 $\Delta P_{кз} = 12,2 \text{ кВт}$, $U_{к} = 5,5\%$

1.2.7 Построение план-схемы цеховой сети

Изображены на рисунках 2.1 и 3.2

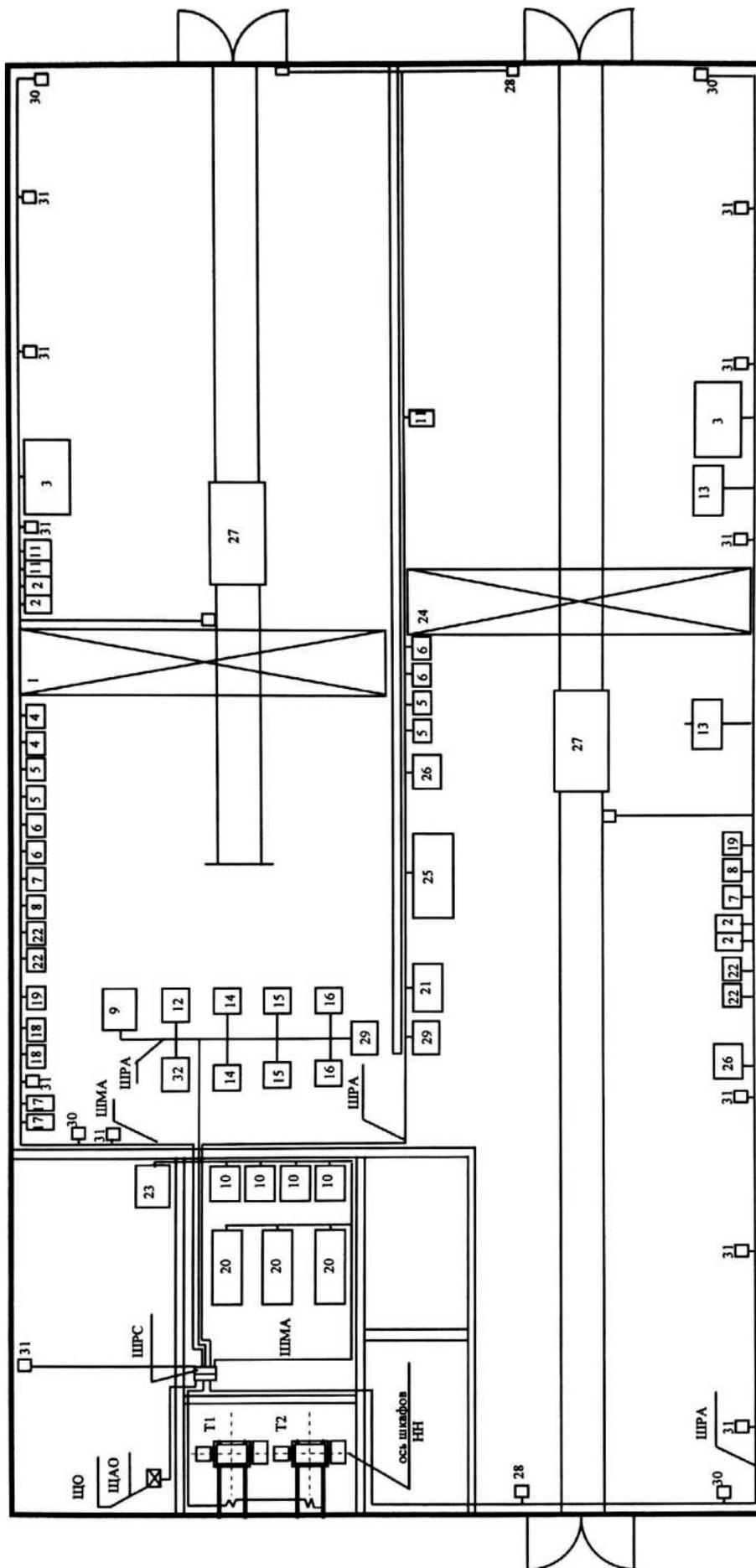


Рисунок 2.1- План схема электроснабжения механического цеха

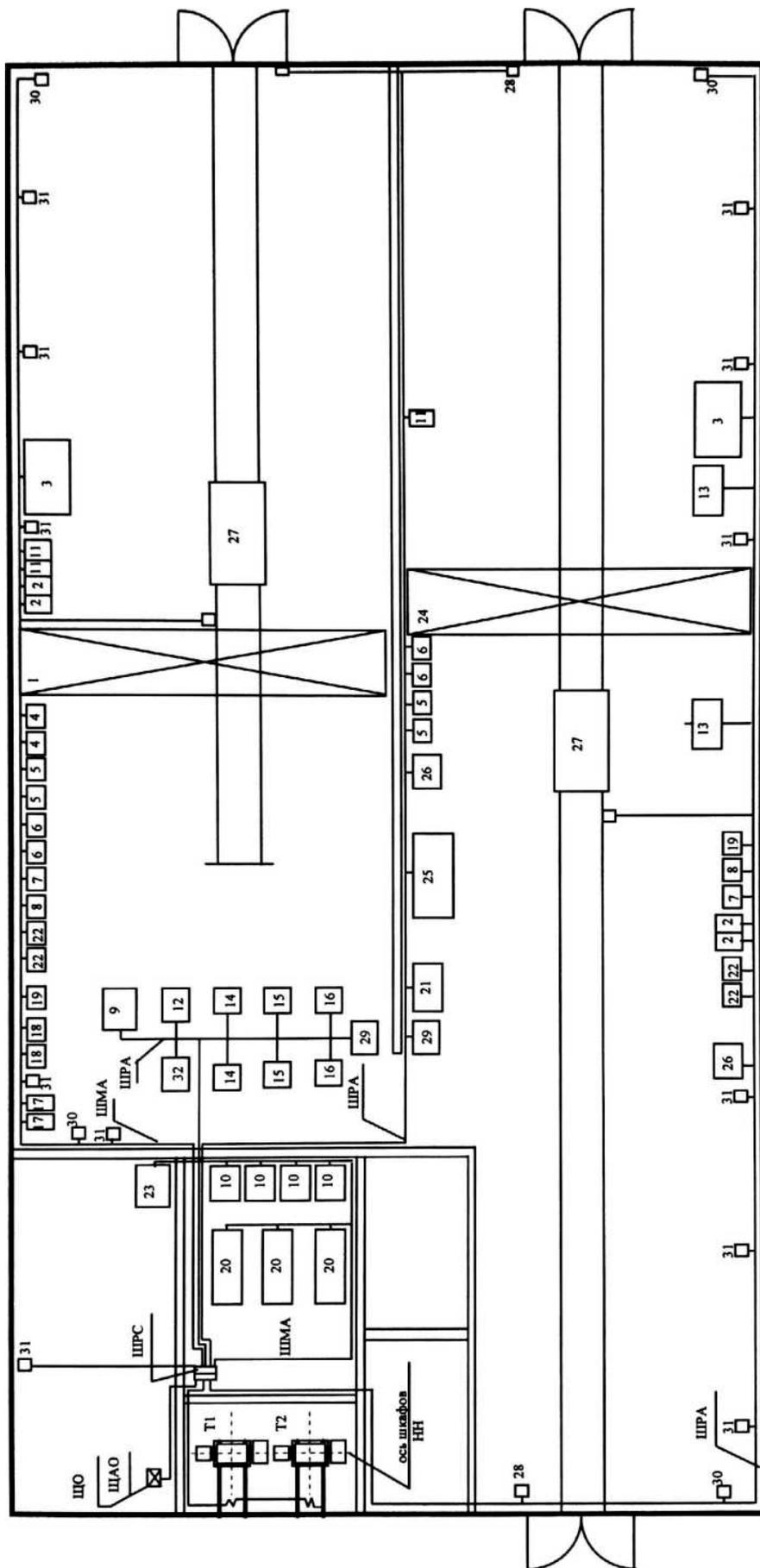


Рисунок 3.2 – План схема электроснабжения механического цеха

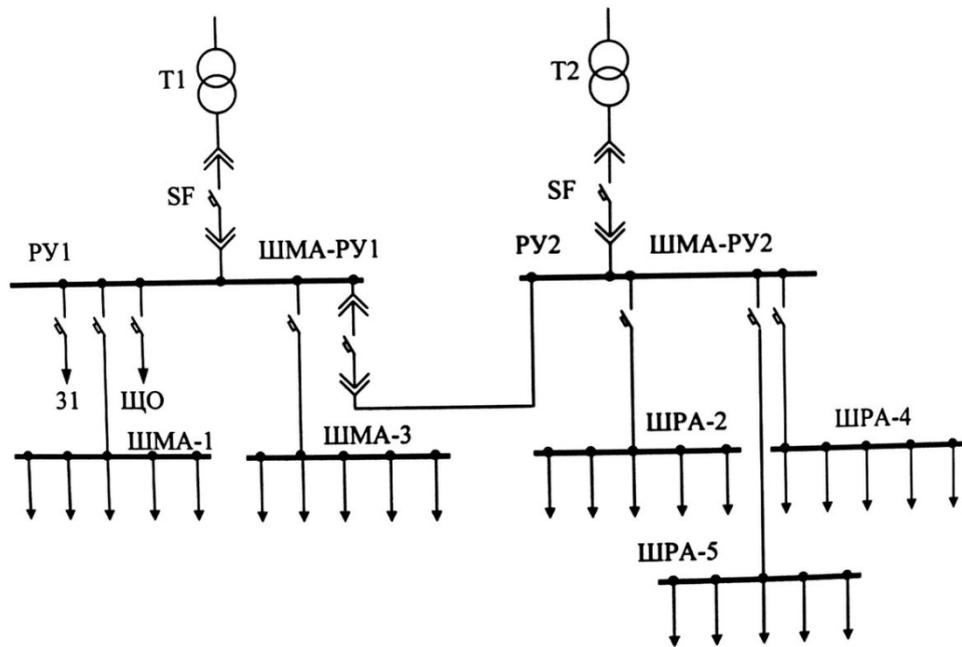


Рисунок 4 – Принципиальная электрическая схема электроснабжения цеха

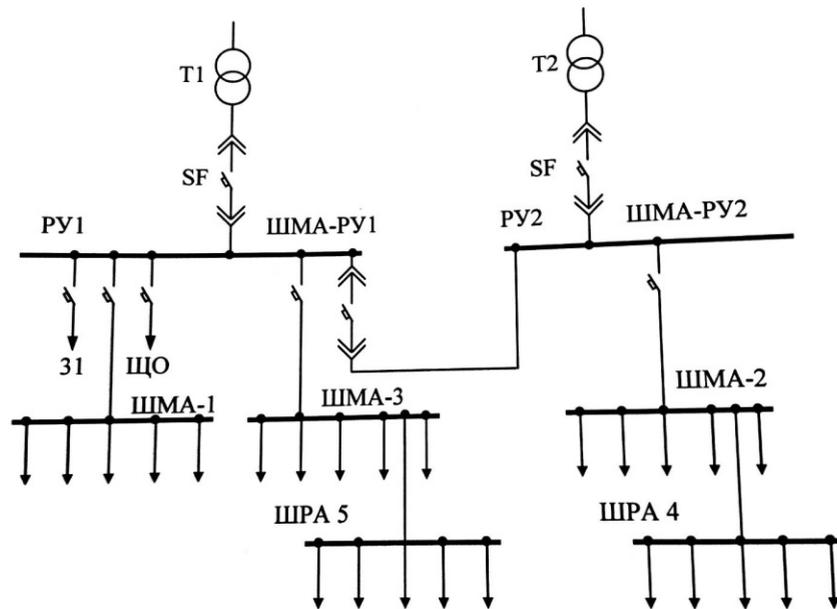


Рисунок 5 – Принципиальная электрическая схема электроснабжения цеха

Для дальнейшего проектирования наметилось два варианта электроснабжения цеховой сети, которые были изображены на рисунке 4. и рисунке 5.

Вариант 4: каждая отдельная группа потребителей цеха питается отдельно от трансформаторов центральной трансформаторной подстанции (ЦТП) через комплектный ШМА или ШРА;

Вариант 5: группы III и V питаются через общий ШМА, далее каждая группа через свой ШРА, группы II и IV питаются через общий ШМА, далее каждая группа через свой ШРА.

1.2.8 Выбор комплектных шинопроводов

Выбор шинопроводов для варианта 1

Для групп 1 и 3 выбирается комплектный шинопровод типа ШМА73-УЗ на номинальный ток 1600 А с техническими характеристиками, приведенными в таблице 4.

Таблица 4 - Выбор шинопровода

Характеристики	ШМА73-УЗ
Номинальный ток, А	1600
Эл.динамическая стойкость (амплитудное значение, кА), не менее	70
Термическая стойкость, кА	20
Сопротивление на фазу, Ом/км Активное при $t=20^{\circ}$ С Индуктивное	0,031 0,022
Сопротивление сети фаза-ноль (полное), Ом/км	0,016
Линейная потеря напряжения на 100 м при $I_{ном}$ (нагрузка сосредоточена на конце линии $\cos(\varphi=0,8)$), В	11,5
Максимальное расстояние м\уточками крепления на трассах, составленных из прямых секций	5
Поперечное сечение прямой секции (ширина x высота), мм	300x160
Степени защиты	1 Р20
Тип автоматической выключателей, установленных в ответвительных секциях	A373Ф, 1600А

Для групп 2, 4, 5 распределительной магистрали выбирается комплектный шинопровод типа ШРА73-УЗ на номинальный ток 630 А с техническими характеристиками, приведенными в таблице 5

Таблица 5 – Выбор шинпровода

Характеристики	ШРА73-У3
Номинальный ток, А	630
Эл.динамическая стойкость (амплитудное значение, кА), не менее	35
Термическая стойкость, кА	14
Сопротивление на фазу, Ом/км Активное при $t=20^{\circ}$ С Индуктивное	0,1 0,13
Линейная потеря напряжения на 100 м при $I_{ном}$ (нагрузка сосредоточена на конце линии $\cos\varphi=0,8$), В	8,5
Поперечное сечение прямой секции (ширина x высота), мм	284x 125
Степень защиты	IP32
Максимальное расстояние м\уточками крепления на стойках	6
Типы коммутационно-защитной аппаратуры, установленной в ответвительных коробках: Предохранители	A3720 (630)

Выбор шинпроводов для варианта 1

Для групп 1, 2, 3 выбирается комплектный шинпровод типа ШМА73-У3 на номинальный ток 1600 А с техническими характеристиками, приведенными в таблице 6.

Таблица 6 – Выбор шинпровода

Характеристики	ШМА73-У3
Номинальный ток, А	1600
Эл.динамическая стойкость (амплитудное значение, кА), не менее	70
Термическая стойкость, к А	20
Сопротивление на фазу, Ом/км Активное при $t=20^{\circ}$ С Индуктивное	0,031 0,022
Сопротивление сети фаза-ноль (полное), Ом/км	0,016
Линейная потеря напряжения на 100 м при $I_{ном}$ (нагрузка сосредоточена на конце линии $\cos\varphi=0,8$), В	11,5
Поперечное сечение прямой секции (ширина x высота), мм	300x160

Окончание таблицы 6

Степень защиты	IP20
Максимальное расстояние между точками крепления на трассах, составленных из прямых секций	5
Тип автоматических выключателей, установленных в ответвительных секциях	A3736Ф, 1600 А

Конструктивное исполнение цеховой сети

Питание электроприемников осуществляется от комплектного закрытого шинопровода серии ШМА73-УЗ главной магистрали, изготовленного заводским способом.

Шинопровод поставляется в виде отдельных сборных секций, которые представляют собой несколько шин, заключенных в оболочку и скрепленные самой оболочкой.

Для выполнения прямых участков линий служат прямые секции, для поворотов - угловые, для разветвлений - тройниковые и крестовые, для ответвлений - ответвительные, для присоединений - присоединительные, для подгонки длины - подгоночные. Соединение секций на месте монтажа выполняют сваркой, болтовыми соединениями или штепсельными крепежами.

Распределительная магистраль выполняется шинопроводом серии ШРА73- УЗ. Электроприемники подключаются к ШРА через ответвительные коробки кабелем, проложенным в трубе.

На каждой секции ШРЛ длиной 3 м имеется восемь ответвительных коробок (по четыре с каждой стороны) с автоматическими выключателями. Для штепсельного присоединения ответвительных коробок на секциях шинопровода предусмотрены окна с автоматически закрывающимися шторками. Это обеспечивает безопасное присоединение коробок к шинопроводу, находящемуся под напряжением в процессе эксплуатации.

При открывании крышки коробки питание приемника электроэнергии прекращается.

Шинопровод типа ШРА выполнен на стойках на высоте 1,5 м над уровнем пола.

1.2.9 Техничко-экономический расчет

Техничко-экономический расчет выполнен для выбора наиболее рациональной схемы внутреннего электроснабжения цеха.

Так как сравниваемые варианты отличаются только по схеме подключения, то сравнение вариантов целесообразно провести по типу и стоимости шинопроводов рассматриваемые в таблице 7.

В расчет не принимаются одинаковые в обоих вариантах участки электрической сети, проложенные к группе 1.

Таблица 7 - Техничко-экономическое сравнение

Затраты	Вариант 1		Вариант 2	
	Общее количество секций, м • руб.	Общая стоимость, руб.	Общее количество секций, м • руб.	Общая стоимость, руб.
Стоимость ШМА: ШМА группы 2 ШМА группы 3	34x52	1768	32x52 14x52	1664 728
Стоимость ШМА: ШМА группы 2 ШМА группы 3	34x52	1768	32x52 14x52	1664 728
Стоимость ШРА: ШРА группы II	55x23	1265	24x23	552
ШРА группы III	34x23	782	48x23	1104
ШРА группы IV	152x23	3496	128x23	2944
ШРА группы V	204x23	4792	192x23	4416
Итого:	-	12103	-	11408
Эксплуатационные издержки:	0,02x12103	242,06	0,02x11408	228,16
Приведенные затраты:	0,12-12103+24 2,06	1694,42	0,12-11408+22 8,16	1597,12

Сравнение варианта 1 и варианта 2 показало, что по приведенным затратам экономичнее оказался вариант 2. Разница между вариантами составила 97,3 рубля или 5,74%.

Техничко-экономический расчет показал, что по сооружению и эксплуатации комплектных шинопроводов экономичнее задействовать вариант 2, не говоря уже об экономии шиносоединительного оборудования и меньшего

числа автоматических выключателей на шинах НН цеховой трансформаторной подстанции.

Однако, в варианте 2 ухудшается гибкость всей цеховой сети по сравнению с вариантом 1, в том плане, что в случае производства ремонтных или восстановительных работ на участке ШМА-2 или ШМА-3 питание теряют сразу несколько групп потребителей. Учитывая их группу по бесперебойности электроснабжения это обстоятельство не в пользу варианта 1.

Так же в варианте 2 довольно большой разброс нагрузки на шинах РУ1 и РУ2. Разница составляет 852,13 КВА или 55,2%. Данный факт вызовет значительный переток мощности между секциями РУ1 и РУ2, что не является положительным доводом в пользу варианта 2.

Учитывая все вышеприведенные доводы и расчеты к дальнейшей разработке принимается вариант 1.

1.2.10 Расчет токов короткого замыкания

Схема для расчета токов короткого замыкания показана на рисунке 6.

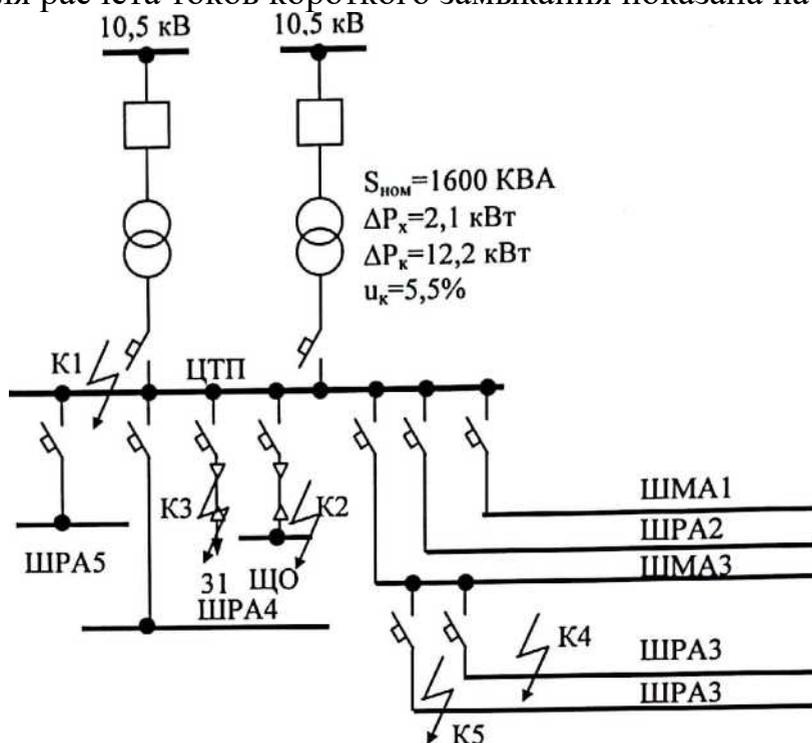


Рисунок 6 - Схема токов короткого замыкания

Сопротивление элементов схемы электроснабжения до цехового трансформатора составляет $X = 447,9 \text{ мОм}$, $r = 338 \text{ мОм}$. Длина шинпровода

ШМА – 3 до точки К4 – 27м; до точки К5- 32 м. Длина кабельной линии до точки К2-14м; до точки К3-18м. Мощность питающей системы не ограничена и напряжение на высокой стороне цехового трансформатора является неизменным.

Сопротивление системы электроснабжения высшего напряжения приведенное к напряжению 0,4 кВ:

$$X_{\Sigma 10 \div 0,4} = X_{\Sigma 6} \cdot K_m^2, \quad (13)$$

где $X_{10:0,4}$ – сопротивление системы, мОм;

$X_{\Sigma 6}$ – реактивное сопротивление схемы, мОм.

Реактивное сопротивление системы электроснабжения, по формуле (13):

$$X_{\Sigma 10 \div 0,4} = 447,9 \times (0,4/10)^2 = 0,72 \text{ мОм}.$$

Активное сопротивление системы электроснабжения, по формуле (14):

$$r_{\Sigma 10 \div 0,4} = r_{\Sigma 6} \times k_m^2 = 338 \times \left(\frac{0,4}{10}\right)^2 = 0,62 \text{ мОм}.$$

Активное сопротивление цехового трансформатора:

$$r_{ц.м.} = \frac{\Delta p_k}{S_{ном.м}} \times \frac{U_{ном}^2}{S_{ном.м}}, \quad (15)$$

где $P_x, S_{ном.м}$ – номинальные данные трансформатора ТМ – 1600.

$$r_{ц.м.} = \frac{12,2}{1600} \times \frac{0,4^2}{1600} = 1,95 \text{ мОм}.$$

Реактивное сопротивление цехового трансформатора по формуле (16):

$$X_{ц.м.} = \sqrt{\left(\frac{5,5}{100}\right)^2 - \left(\frac{12,2}{1600}\right)^2} \times \left(\frac{0,4}{1600}\right)^2 = 8,23 \text{ мОм}.$$

Т.к. трансформатора два, то по формуле (17):

$$r_{ц.м.} = \frac{1,95 \times 1,95}{1,95 + 1,95} = 0,975 \text{ мОм};$$

$$X_{ц.м.} = \frac{8,23 \times 8,23}{8,23 + 8,23} = 4,12 \text{ мОм}.$$

Ток в точке К1:

$$I_{К1} = \frac{U_{ном}}{\sqrt{3 \times \sqrt{X_{\Sigma К1}^2}}}, \quad (18);$$

$$I_{k1} = \frac{400}{\sqrt{3 \times \sqrt{4,84^2 + 16,595^2}}} = 13,36 \text{ кА},$$

где $X_{\Sigma k1} = X_{\Sigma 10,0,4} + X_{ц.т.} = 0,72 + 4,12 = 4,84 \text{ мОм}$

Суммарное активное сопротивление, кроме сопротивлений элементов системы электроснабжения высшего напряжения и цеховых трансформаторов, должно учитывать переходные сопротивления контактов. Для этой цели в расчет вводится добавочное сопротивление, которое на шинах подстанции составляет 15 мОм.

$$r_{\Sigma k1} = r_{\Sigma 10,0,4} + r_{ц.т.} + r_{доб} = 0,62 + 0,975 + 15 = 16,595 \text{ мОм}.$$

Значение K_{yd} . Определяется по кривой $K_{yd} = f(x/r), K_{yd} = 1, x/r = 0,237$

Ударный ток в точке К1:

$$i_{yd} = k_{yd} \times \sqrt{2} \times I_{k1} = 1 \times \sqrt{2} \times 13,36 = 18,89 \text{ кА}$$

Расчет токов к.з. сведен в таблицу 8.

Таблица 8. – расчетные токи короткого замыкания (к.з.)

Точка короткого замыкания	хв, мОм	Гдоб.* мОм	гг, мОм	Ik, кА	Iул., кА
К1	4,84	15	16,595	13,36	18,89
К2	4,96	20	22,13	10,18	14,4
К3	5	20	22,2	10,15	14,35
К4	5,3	25	28,12	8,07	11,41
К5	5,5	25	28,31	8	11,31

Расчет токов короткого замыкания показал, что все выбранные комплектные шинопроводы проходят по токам короткого замыкания.

1.2.11 Выбор сечений проводов и жил кабельных линий

Для примера: сделаем выбор кабельной линии потребителя №3 из группы I.

Расчетный ток, по формуле (10):

$$I_{расч} = \frac{6,47}{\sqrt{3 \times 0,38}} = 9,83 \text{ А}$$

В соответствии со справочными материалами выбирается кабель марки

ААГ-с алюминиевыми жилами, изоляцией жил из резины. Сечение жил кабельной линии выбирается с учетом допустимой перегрузки. В соответствии с табл. 3. допустимая перегрузка составляет 1,25. Коэффициент снижения токовой нагрузки $K_{с.н.}$ принимается в соответствии с табл. 3.26 равным 0,9.

Допустимый ток кабельной линии определяется из соотношения:

$$1,25K_{с.н.}I_{доп} \geq I_{max.расч.}, \quad (20)$$

где $K_{с.н.}$ - коэффициент снижения токовой нагрузки;

$I_{доп}$ - допустимый ток кабельной линии;

$$I_{доп} \geq I_{max.p} / (1,25 * K_{с.н.});$$

$$I_{доп} \geq 9,83 / (1,25 * 0,9), \quad I_{доп} \geq 8,74.$$

В соответствии с принимается сечение жил трехжильного кабеля равным 10 мм^2 с $I_{доп} = 60 \text{ А}$. (по условиям механической прочности).

Защиту кабеля от токов короткого замыкания планируется выполнить предохранителем типа ПН2 (разборный насыпной). Поэтому, выбранный кабель на термическое действие токов к.з. не проверяется, так как время сгорания плавкой вставки предохранителя значительно меньше времени разрушения изоляции кабеля. На потерю напряжения выбранный кабель не проверяется вследствие его малой длины - 2 м. В соответствии с допускается не проверять кабель на потерю напряжения при длине кабельной линии до 400 м. Для кабелей предусматривается скрытая проводка в изоляционных трубах в полу цеха.

Диаметр труб выбирается:

$$0,32 * D^2 \geq n_1 * d^2 + \dots + n_n * d_n, \quad (21)$$

где d - наружный диаметр провода;

n - число кабелей.

Выбор остальных кабелей сведен в таблицу 9.

Таблица 9 – Выбор кабеля для потребителей

№ оборудования	$P_{ном}$ кВт	$\cos\varphi$	I_p , А	$I_{доп}$, А	F , мм^2	Внутр. диаметр трубы
1	2	3	4	5	6	7
1	51,5	0,85	92	630	-	-

Окончание таблицы 9

2	96	0,6	243	255	95	100
3	5,5	0,85	9,83	60	10	12
4	3	0,85	5,36	60	10	12
5	15	0,85	26,81	60	10	12
6	4,625	0,85	8,27	60	10	12
7	8	0,85	14,3	60	10	12
8	4,1	0,85	7,33	60	10	12
9	10	0,85	17,87	60	10	12
10	50	0,9	84,4	105	25	30
11	50	0,6	126,6	130	35	40
12	22	0,85	39,32	60	10	12
13	12	0,85	21,44	60	10	12
14	0,6	0,85	1,07	60	10	12
18	55	0,85	98,31	105	25	30
19	20	0,85	35,75	60	10	12
20	68	0,85	121,55	130	35	40
21	0,27	0,6	0,68	60	10	12
22	0,62	0,85	1,11	60	10	12
23	16,32	0,85	29,2	60	10	12
24	188	0,85	336,04	630	-	-
25	15,7	0,85	28,06	60	10	12
26	62	0,85	110,82	130	35	40
27	62	0,85	110,82	130	35	40
28	16,8	0,85	30,03	60	10	12
1	2	3	4	5	6	7
29	80	0,85	143	165	50	55
30	60	0,85	107,25	130	130	40
31	30	0,85	53,62	60	10	12
32	250	0,85	447	490	240	300

1.2.12 Выбор распределительного шкафа

Коэффициент защиты $k_3 = I_{отн.}$ ед. (для сетей, где обязательно предусматривается защита от перегрузок). Выбирается шкаф распределительный силовой ШРС1-50УЗ со степенью защиты IP54 с номинальным током 1000 А. Число отходящих линий и номинальные токи предохранителей 8x630А. Размеры 1600x500x38 мм. Шкаф имеет на вводе рубильник, а на выводах предохранители типа ПН2. Способ установки навесной.

2 РАЗРАБОТКА И ВЫБОР ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЦЕХА

2.1 Заземление и молниезащита здания

Заземление ДТП механического цеха

ДТП - комплектная двухтрансформаторная подстанция 2х1600 КВА (10/0,4).

Наибольший ток через заземление при замыкании на землю на стороне 10 кВ составляет 25 А, грунт в месте сооружения - суглинок, климатическая зона 3, естественные заземлители не используются.

Предполагается сооружение заземлителя с внешней стороны здания с расположением вертикальных электродов в виде прямоугольника.

В качестве вертикальных заземлителей принимаем стальные стержни диаметром 15 мм и длиной 2 м, которые погружают в грунт методом ввертывания. Верхние концы электродов располагают на глубине 0,7 м от поверхности земли. К ним приваривают электроды стержневого типа из этой же стали, что и вертикальные электроды.

Для стороны 10 кВ в соответствии с сопротивлением заземления устройства определяется:

$$R_3 \leq \frac{U_p}{I_p}, \quad (22)$$

где $U_p=125В$, т.к. заземляющие устройства используются одновременно для электроустановок до 1 кВ и выше 1 кВ. С учетом исходных данных $R_3=5 Ом$.

Сопротивление заземляющего устройства для электроустановок напряжением до 1 кВ не должно быть больше 4 Ом, поэтому расчетное сопротивление принимается $R_3=4 Ом$. Предварительно, с учетом площади, занимаемой объектом, намечается расположение заземлителей прямоугольником с расстоянием между вертикальными электродами 4 м. Сопротивление искусственного заземлителя при отсутствии естественных

заземлителей принимаем равным допустимому сопротивлению заземляющего устройства $R_0=R_3=4 \text{ Ом}$.

Расчетные удельные сопротивления грунта для горизонтальных и вертикальных заземлителей:

$$P_{p.z} = P_{y.d}; \quad (23)$$

$$P_{p.z} = 100 * 2 = 200 \text{ Ом};$$

$$P_{p.z} = P_{y.d} * K_{нв}; \quad (24)$$

$$P_{n.d} = 100 * 1,4 = 140 \text{ Ом}.$$

где $P_{y.d}$ - удельное сопротивление грунта (суглинок) 100 Ом;

$K_{нв}$, $K_{нг}$ - повышающие коэффициенты для вертикальных и горизонтальных электродов.

Сопротивление растеканию одного вертикального электрода стержневого типа:

$$R_{o.v.э.} = \frac{P_{p.з.э.}}{2\pi} * \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t+l}{4t-l} \right); \quad (25)$$

$$R_{o.v.э.} = \frac{140}{2 * \pi * 2} \left(\ln \frac{2 * 2}{16 * 10^{-3}} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 * 1,7 + 2}{4 * 1,7 - 2} \right) = 64,92 \text{ Ом}.$$

Определяется примерное число вертикальных заземлителей при предварительно принятом коэффициенте использования $K_{u.в.} = 0,64$ (отношение расстояния между электродами к их длине равно 2, ориентировочное число вертикальных электродов в соответствии с планом объекта составляет 15).

$$N = \frac{R_{o.v.э.}}{K_{u.в.} * R_u}; \quad (26)$$

$$N = \frac{64,92}{0,64 * 4} = 25,4 \approx 26 \text{ шт}.$$

Определяется расчетное сопротивление растеканию горизонтальных электродов:

$$R_{p.z.э.} = \frac{P_{p.z}}{K_{np} * 2 * \pi * l} \ln \frac{l^2}{dt}, \quad (27)$$

$$R_{p.z.э.} = \frac{200}{0,31 * 2 * \pi * 60} \ln \frac{60^2}{0,016 * 0,708} = 21,66 \text{ Ом}.$$

Уточняется необходимое сопротивление вертикальных электродов:

$$R_{в.э.} = \frac{R_{р.э.э} * R_u}{R_{р.э.э} - R_u}, \quad (28)$$

$$R_{в.э.} = \frac{21,66 * 4}{21,66 - 4} = 4,90 \text{ Ом}$$

Число вертикальных электродов при коэффициенте использования $K_{и.в.у.} = 0,61$, принятом при $N=20$ и $a/l=(p/20)/2=1,5$, где $P=60$ м периметр расположения электродов, по формуле (26).

$$N = \frac{64,92}{0,61 * 4,9} = 21,7 \text{ шт.}$$

Окончательно принимаем к установке 22 вертикальных электрода, расположенных периметром 30x20 м.

Контур заземления ЦТП приведен на рисунке 7.



Рисунок 7- контур заземления ЦТП

2.2 Молниезащита механического цеха

Категория здания – В – Па. Категория устройства молниезащита – II.
Местность со средней годовой деятельностью 10 ч и более в год.

$$N = 0,067 * (B + 6h_x)(A + 6 * h_x) * D_{Г} * 10^{-6}, \quad (29)$$

где N – число ударов молнии в год; $D_{Г}$ – число грозových часов в году;

B – ширина цеха, м; A – длина цеха, м; h_x – высота цеха, м;

$D_{Г}$ – число грозových часов в году, ч.

$$N = 0,067 * (72 + 6 * 12)(144 + 6 * 12) * 10 * 10^{-6} = 0,0312 \text{ удара в год.}$$

Исходя из, $N \leq 1$, следовательно, Тип зоны защиты принимается - Б (степень надежности 95% и выше).

Принимается исполнение защиты двумя отдельно стоящими металлическими молниеотводами стержневого типа высотой 60 м.

Параметры зоны защиты в соответствии с формулой (12-10).

$$r_o = 1,5 * h = 1,5 * 60 = 90 \text{ м},$$

где r_o – радиус внешней зоны защиты на высоте h_x , м;

h – высота молниеотводов, м.

$$r_x = 1,5 * (h - \frac{h_x}{0,92}), \quad (30)$$

где r_x – наименьший радиус внутренней зоны защиты, м.

По формуле (30) находим:

$$r_x = 1,5 * (60 - \frac{12}{0,92}) = 70,43 \text{ м}.$$

Наименьшая высота зоны защиты (между молниеотводами) h_o :

$$h_o = 0,92 * 60 = 55,2 \text{ м}. \quad (31)$$

Помимо выбора и установки молниеотводов и определения защитной зоны для заземления молниеотводов, предусматривается по четыре вертикальных электрода, соединенных между собой стальной полосой.

Для защиты объекта от вторичных проявлений молнии, электромагнитной и электростатической индукции и заноса высоких потенциалов в здание предусматриваются следующие мероприятия:

а) для защиты от потенциалов, возникающих в результате электростатической индукции, надежно заземляем все проводящие элементы объекта, а так же оборудование и коммуникации внутри объекта;

б) для защиты от искрения, вызываемого электромагнитной индукцией, все параллельно расположенные металлические коммуникации соединяются металлическими перемычками.

2.3 Искусственное освещение потолка механического цеха

При реконструкции цеха предложена замена ламп накаливания на

лампы ДРИ. Поэтому, необходимо провести полное исследование обоих источников света вплоть до технико-экономического сравнения.

Для помещения механического цеха принимается система общего равномерного освещения. Для надежности и бесперебойности работы осветительной установки предусматривается рабочее и аварийное освещение. Источниками питания для осветительных установок принимаем шины низкого напряжения цеховой подстанции. В качестве источников света рабочего освещения цеха принимаются следующие типы светильников:

Вариант №1

Для освещения потолка цеха - лампы накаливания.

Вариант №2

Для освещения потолка цеха - металл галогенные лампы типа ДРИ (четыре электродные дуговые ртутные лампы высокого давления с исправленной цветностью).

2.3.1 Выбор и расположение светильников потолка

Освещенности помещения цеха выбираются на основании норм искусственного освещения промышленных предприятий, приведенных в разделе. В соответствии с указанной литературой в помещении приняты следующие нормативы освещенности: для освещения потолка цеха:

1. Вариант №1-100 лк, с естественным светом, коэффициент запаса 1,3, разряд зрительной работы IVг, плоскость нормирования освещенности и высота ее от пола Г-0,8 м.;

2. Вариант №2 – 150 лк, с естественным светом, коэффициент запаса 1,5, разряд зрительной работы IVг, плоскость нормирования освещенности и высота ее от пола Г – 0,8 м.

Рассмотрим варианты освещения механического цеха лампами накаливания и лампами ДРИ.

Вариант №1

Освещение цеха, размеры которого

$L_u \times B_u \times H_u = 144 \times 72 \times 12 \text{ м}$; $h_p = 0,8 \text{ м}$; $h_c = 0,2 \text{ м}$, выполнено лампами накаливания,

где $h_p = 0,8 \text{ м}$ – расчетная высота поверхности над полом; $h_c = 1,2 \text{ м}$ – расстояние светильников от пола.

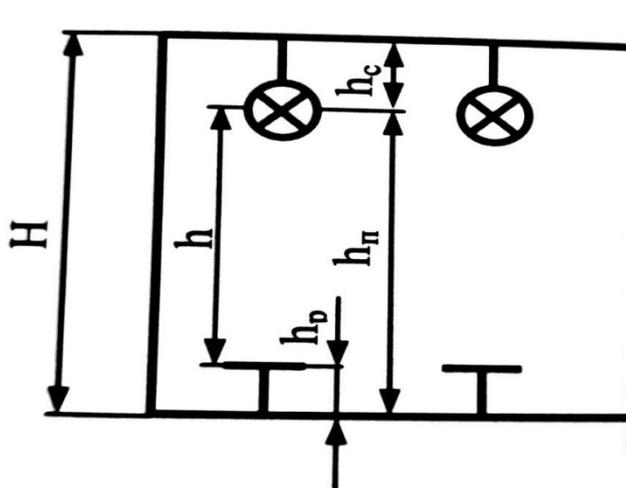


Рисунок 8 – схема размещения светильников в разрезе

Расчетная высота по формуле (36):

$$h = H - h_p - h_c = 12 - 0,8 - 0,2 = 11 \text{ м}.$$

Для принятого светильника, имеющего глубокую кривую силы света, находится значение:

$$\lambda_{\text{э}} = L_a / h = 0,6, \quad (37)$$

где значение $\lambda_{\text{э}}$ принимается в соответствии;

h – расчетная высота 11 м,

по формуле (37) находим расстояние между светильниками L_a :

$$L_a = \lambda_{\text{э}} * h = 0,6 * 11 = 6,6 \text{ м}.$$

Принимается $L_a = 6 \text{ м}$.

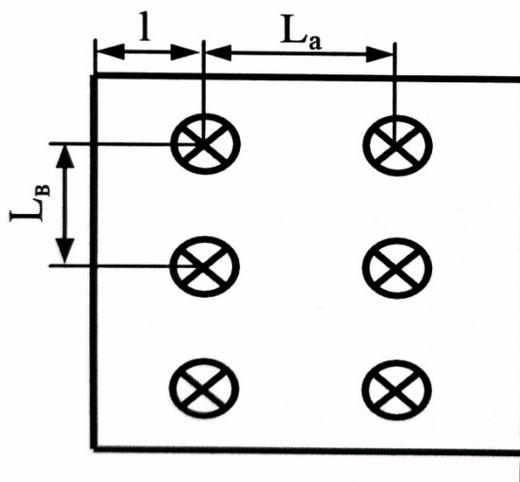


Рисунок 9 – Схема размещения светильников в плане

При $L_a=6$ м в ряду можно разместить 24 светильника, тогда:

$$l = (A - 23 * L_a) / 2, \quad (38)$$

где l – расстояние от стены до светильника, м;

A – длина цеха м, по формуле (38) находим:

$$l = (144 - 23 * 6) / 2 = 3 \text{ м};$$

принимается число светильников равным 12, тогда $L_g=6$ м;

$$L_a / L_b = 6 / 6 = 1.$$

Число светильников в цехе составило $N=288$ шт.

Находится индекс помещения:

$$i = \frac{S}{h * (A + B)}, \quad (39)$$

где A – длина корпуса, м; B – ширина корпуса м;

S – площадь корпуса, м^2 ; h – расчетная высота, м.

По формуле (39)

$$i = \frac{10368}{12 * (144 + 72)} = 4$$

Коэффициенты отражения помещения машзала оценим субъективно – предположительно, точные значения их не известны, в соответствии принимается шкала усредненных значений 70-50-30-10% - для потолка и стен и 30-10-0% - для пола.

В соответствии определяется $\eta = 0,43$.

Принимая, $z=1,15$ вычисляем потребный поток лампы:

$$\Phi = \frac{E * k * S * z}{N * \eta}, \text{ лм}, \quad (40)$$

где E – минимальная нормируемая освещенность;

k – коэффициент запаса; S – площадь помещения;

z – отношение средней освещенности к минимальной;

N – число ламп;

η – коэффициент использования светового потока.

$$\Phi = \frac{100 * 1,3 * 10368 * 1,15}{288 * 0,43} = 12516 \text{ лм}$$

Световой поток лампы накаливания мощностью 500 Вт типа Γ при напряжении сети 220 В, равен $F=8300$ лм, следовательно необходимо увеличить количество светильников в корпусе. Предполагаем, сократить расстояние между светильниками до величины $L_a=4$ м.

Итого количество установленных светильников составить:
 $N=24 \times 18=432$ шт. по формуле (40)

$$\Phi = \frac{100 * 1,3 * 10368 * 1,15}{432 * 0,43} = 8344 \text{ лм}$$

Иное расположение светильников ведет либо к сильному увеличению освещенности, либо к сильному уменьшению.

Для установки выбирается газонаполненная лампа накаливания на номинал, напряжение 220 В с размерами $D=112$ мм, $L=345$ мм, $H=250$ мм.

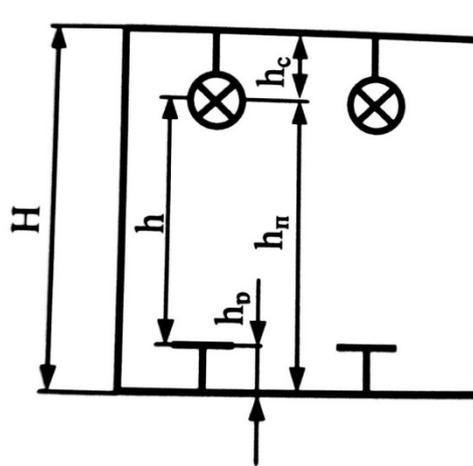


Рисунок10 – Схема расположения светильников в плане для варианта №1

Вариант №2

Освещение механического цеха, размеры которого $L_{ц} \times B_{ц} \times H_{ц} = 144 \times 72 \times 12$ м; $h_p = 0,8$ м; $h_c = 0,2$ м, выполнено металл галогенными лампами ДРИ.

Учитывая рассчитанные данные п.5.1.1 такие как, высота подвеса светильников, коэффициенты отражения и потребный поток лампы, принимаем к установке светильник с лампой типа ДРИ-500, мощностью 500 Вт при напряжении сети 220 В и со световым потоком равным $\Phi = 42500$ лм.

Количество установленных светильников: $N = 288$ шт.

Принимая, $z = 1,15$ вычисляем потребный поток лампы, по формуле (40):

$$\Phi = \frac{150 * 1,5 * 10368 * 1,15}{288 * 0,43} = 21663 \text{ лм}$$

Следовательно, необходимо уменьшить количество светильников до $N = 12 \times 12 = 144$ шт

Тогда по формуле (40):

$$\Phi = \frac{E * k * S * z}{N * \eta} = \frac{150 * 1,5 * 10368 * 1,15}{144 * 0,43} = 43326 \text{ лм.}$$

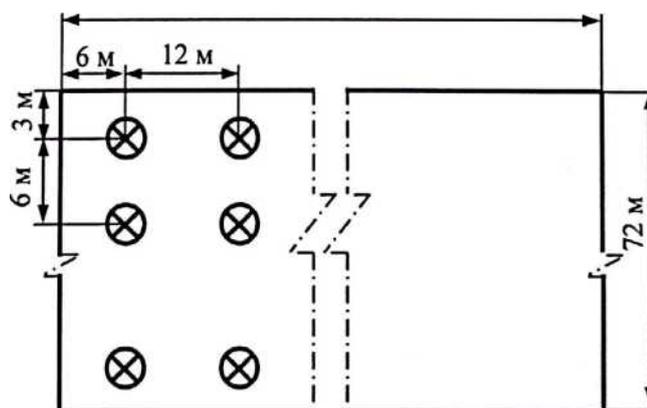


Рисунок 11 – Схема расположения светильников в плане для варианта №2

Экономическая обоснованность выбора осветительных установок

Средства, затрачиваемые на устройство и эксплуатацию освещения, никоим образом не являются непроизводительными, поскольку без искусственного освещения значительную часть времени невозможна нормальная жизнедеятельность людей.

1) Стоимость обслуживания светильников:

Вариант №1

$$C_o = 0,3 * 2,25 = 0,675 \text{ рублей на 1 шт,} \quad (41)$$

где 0,3 – стоимость одной чистки для лампы накаливания, рублей;

2,25 – коэффициент, характеризующий сложность доступа к светильникам, в данном случае доступ обеспечивается с мостового крана цеха.

Стоимость обслуживания всех ламп: $C_{обсл,вар1} = 0,675 * 432 = 291,6 \text{ руб.}$

Вариант №2: по формуле (41)

$$C_o = 0,4 * 2,25 = 0,9 \text{ руб. на 1 шт,}$$

где 0,4 - стоимость одной чистки для лампы ДРИ, руб;

2,25 - коэффициент, характеризующий сложность доступа к светильникам, в данном случае доступ обеспечивается с мостового крана цеха.

Стоимость обслуживания всех ламп: $C_{обсл,вар2} = 0,9 * 144 = 129,6 \text{ руб.}$

На основании вышеперечисленных расчетов вариант №2 оказался экономичнее варианта №1 на 55,56%.

2) Вопрос о необходимости компенсации реактивной мощности.

Учитывая то обстоятельство, что электротехнический расчет еще не выполнен и компенсацию реактивной мощности требуют только светильники с лампами типа ДРИ, сравнение произведем только аналитически.

На основании вышеперечисленных объяснений вариант №1 оказался экономичнее варианта №2 на 100%.

3) Световой поток ламп.

На основании расчетов в п.2.3.1 и п.2.3.2 в варианте №1 выбранная лампа своим световым потоком не достигает расчетного на 0,53%. В варианте №2 выбранная лампа своим световым потоком не достигает расчетного значения на 1,91%. На основании вышеперечисленных объяснений вариант №1 предпочтительнее варианта №2.

4) Замена ламп.

Предположим, что капитальные вложения на один киловатт час составляют 125 руб. при лампах накаливания и 250 руб. - при лампах ДРИ, и учтем, что средняя световая отдача ламп накаливания 15 лм/Вт, а световая отдача ламп ДРИ, с учетом потерь в ПРА, 63 лм/Вт, то можно убедиться, что капитальные вложения при сопоставляемых источниках света выравниваются. Сопоставляя срок службы и цену лампы накаливания и лампы ДРИ, легко убедиться, что расходы на замену ламп, отнесенные к равному потоку, при металлогалогенных лампах меньше.

5) Приведенные затраты.

Капитальные вложения:

$$K = K_o * n, \quad (42)$$

где K_o – стоимость одного светильника, руб;

n – Количество светильников.

$$K_{cap1} = 125 * 432 = 54000 \text{ руб};$$

$$K_{cap2} = 250 * 144 = 36000 \text{ руб}.$$

Эксплуатационные издержки $P_{э1}$:

$$P_{э1} = (a * k_{вар1}) / 100; \quad (43)$$

$$P_{э1} = (a * k_{вар1}) / 100 = 0,02 * 54000 = 1080;$$

$$P_{э2} = (a * k_{вар2}) / 100 = 0,02 * 36000 = 720.$$

Применительно к осветительным установкам приведенные затраты складываются из 12% капитальных вложений на выполнение установки (приобретение и монтаж светильников, ламп, электрооборудования, осветительных сетей и годовых затрат на ее эксплуатацию $P_э$). Доля капитальных вложений в размере 12% в приведенных затратах обусловлена установленным для капитального строительства коэффициентом окупаемости вложений, равным 0,12, что соответствует указанному выше сроку окупаемости - $1 : 0,12 = 8,3$ годам.

$$З = 0,12 * K_{вар1} + P_{э1}, \quad (44)$$

где $З$ – приведенные затраты, руб.

$$З_{вар1} = 0,12 * 54000 + 1080 = 7560 \text{ руб};$$

$$З_{вар2} = 0,12 * 36000 + 720 = 5040 \text{ руб}.$$

На основании вышеперечисленных расчетов вариант №2 экономичнее по всем показателям варианта №1 на 33,33%.

На основании экономического обоснования выбора осветительных установок 1)+5) можно заключить, что нормы освещенности при лампах ДРИ возрастают по сравнению с лампами накаливания в 3 раза, и светоотдача возрастает в 2,7 раза. Применение ламп ДРИ экономичнее из-за меньшего количества светильников, что окупает увеличение капитальных затрат на балласты пускорегулирующей аппаратуры (ПРА) и конденсаторы для повышения коэффициента мощности. Плюс, вместе с тем, лампы ДРИ имеют втрое, вчетверо больший срок службы, улучшают гигиенические условия, уменьшают утомление зрения, сокращают травматизм, снижают брак.

Для дальнейшего проектирования принимаются лампы типа ДРИ-500 с номинальными параметрами: $P_{ном} = 500 \text{ Вт}$, $U_{ном} = 220 \text{ В}$, $\Phi = 42500 \text{ лм}$, срок

службы равен 5000 часов, размер: $D=122$ мм, $L=292$ мм.

2.3.2 Выбор светильников

Для потолочного освещения с учетом вышеприведенных расчетов и требований выбираются светильника типа ГРМ-500 (ГОСТ 13828-95 - РСПО5х500/Д03), масса 16 кг, габариты 537х635 мм, материал корпуса-алюминий с отражателем покрытым эмалевой краской, устройство для ввода и крепление на крюк, исполнение по пыле защите – незащищенное.

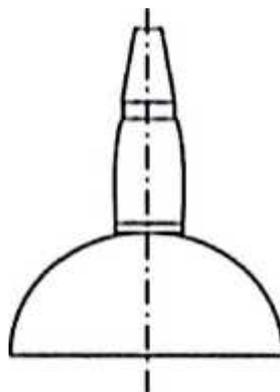


Рисунок 12 – Светильник с лампой ДРИ тип ГРМ

2.3.3 Расчетная мощность осветительной сети

Учитывая небольшую протяженность механического цеха целесообразно задействовать однофазную сеть освещения.

Напряжение питания осветительной сети принимается равным 220 В. Сечение проводников осветительной сети должно обеспечивать: достаточную механическую прочность, прохождение тока нагрузки без перегрева сверх допустимых температур, необходимый должный уровень напряжения у источников света, срабатывание защитной аппаратуры при коротких замыканиях. Электрические нагрузки осветительной сети:

$$P_{p.o.} = P_{уст} * K_c * K_{ПРА}, \quad (45)$$

где $P_{p.o.}$ – расчетная мощность всех светильников;

$P_{уст}$ – установленная мощность светильников;

K_c – коэффициент спроса;

$K_{ПРА}$ – коэффициент, учитывающий потери в пускорегулирующей

аппаратуре (для ламп ДРЛ $K_{ПРА}=1$).

По формуле (45):

$$P_{p.o.} = 72 * 0,95 * 1,1 = 75,24 \text{ кВт.}$$

2.3.4 Компенсация реактивной мощности

Подключение к сети газоразрядных ламп ведет к снижению коэффициента мощности. Для повышения $\cos\varphi$ до значений 0,9-0,95 используются статические конденсаторы.

Светильники типа ГРМ с лампами ДРИ компенсирующими конденсаторами не комплектуются. Следовательно, необходимо выполнить компенсацию реактивной мощности.

На лампах ДРИ предполагается выполнить групповую компенсацию реактивной мощности с расположением емкостей в щитке освещения ЩО.

$$\text{ЩО: } P_{p.o.} = 75,24 \text{ кВт, } \cos\varphi = 0,5, \text{ tg}\varphi = 1,73 \text{ (с учетом потерь в ПРА).}$$

Питание освещения осуществляется однофазной линией. Фазное напряжение сети 220 В. При неисправленном коэффициенте мощности, по формуле (3):

$$Q_{p.o.} = 75,24 * 1,73 = 130 \text{ кВар.}$$

Полная мощность по формуле (4):

$$S_1 = \sqrt{75,24^2 + 130,17^2} = 150,4 \text{ кВА.}$$

Ток групповой линии, по формуле (10):

$$I_l = \frac{150,4}{\sqrt{3} * 0,38} = 228,5 \text{ А}$$

где U_ϕ – фаза напряжение сети, 0,38 кВ.

Необходимо мощность конденсатора, устанавливаемого в начале линии для повышения коэффициента мощности от $\cos\varphi = 0,5$ ($\text{tg}\varphi_1 = 1,73$) до значения $\cos\varphi = 0,95$ ($\text{tg}\varphi_2 = 0,33$).

$$Q_k = P_{p.o.} * (\text{tg}\varphi_1 - \text{tg}\varphi_2), \quad (46)$$

$$Q_k = 75,24 * (1,73 - 0,33) = 105,34 \text{ квар.}$$

Принимаем мощность конденсатора равной 100 квар.

При исправленном коэффициенте мощности:

$$Q_{po} = Q_{po} - Q_k = 130,17 - 100 = 30,17 \text{ кВАр.}$$

(47)

Полная мощность, по формуле (4):

$$S_{po^1} = \sqrt{75,24^2 + 30,17^2} = 81 \text{ кВА.}$$

Коэффициент мощности:

$$\cos \varphi_2 = \frac{P_{p.o.}}{S_{po^1}} = \frac{75,24}{81} = 0,93. \quad (48)$$

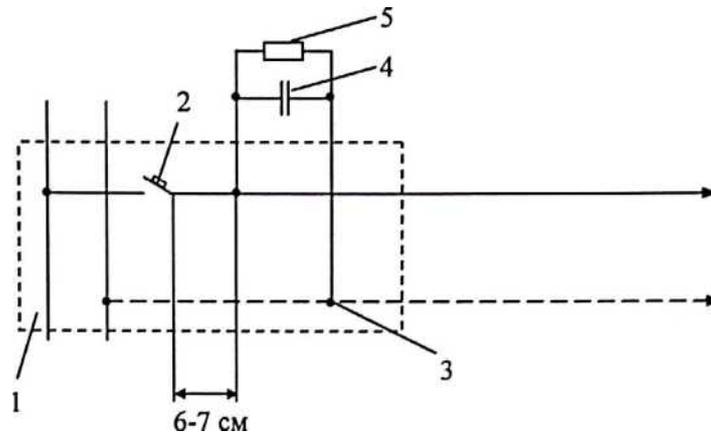


Рисунок 13 – Схема присоединения проводов к ЩО при питании ламп ДРИ с групповой компенсацией реактивной мощности.

1 – групповой щиток ЩО1; 2 – автоматический выключатель; 3 – зажим У734М; 4 – конденсатор; 5 – разрядный резистор.

2.3.5 Расчет осветительной сети по потере напряжения

Допустимые потери напряжения - $\Delta u_p = 4,9\%$.

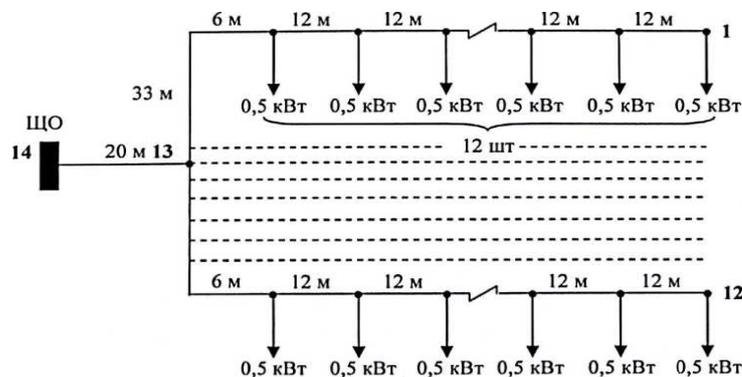


Рисунок 14 – Расчетная схема группы светильников 1 от ЩО1

Моменты для участков сети:

$$M_{14-13} = 20 * 75,24 = 1504,8 \text{ кВт. М;} \quad (49)$$

$$m_{13-1} = \dots = m_{13-1} = 6 * 72 = 432 \text{ кВт.м.} \quad (50)$$

Сечение проводников головного участка сети:

$$S_{14-13} = \frac{\sum M + \sum am}{k_c * \Delta u_d} = \frac{1504,8 + (432 * 12)}{44 * 4,9} = 31 \text{ мм}^2. \quad (51)$$

Выбираем ближайшее по стандарту сечение, равно 35 мм².

Действительное потери напряжения на участке 14-13:

$$\Delta u_{14-13} = \frac{M_{14-13}}{k_c * S_{14-13}} = \frac{1504,8}{44 * 35} = 0,98\%. \quad (52)$$

Расчетные потери напряжения на каждом участке:

$$\Delta u_{13-1} = \dots = \Delta u_{13-2} = \Delta u_p - \Delta u_{14-13} = 4,9 - 0,98 = 3,92\%. \quad (53)$$

Сечения проводов для участков 13 – 1 – 13 – 12, по формуле (51):

$$S_{13-1} = \dots S_{13-12} = \frac{432}{44 * 3,92} = 2,5 \text{ мм}^2,$$

принимаем сечение 4 мм (по условиям механической прочности).

Опираясь на вышеперечисленный расчет можно сделать вывод, что выбранный кабель АВВГ сечением 35 мм² по условиям потерь напряжения для данного участка (14-13) сети освещения проходит.

2.3.6 Защита осветительных сетей

Осветительные сети во всех случаях должны быть защищены от токов короткого замыкания.

В целях обеспечения селективности защиты и если это не приводит к завышению сечения проводников, токи каждого высшего (по направлению к источнику питания) аппарата защиты рекомендуется принимать не менее чем на второй ступени большими тока последующего аппарата. Для установки принимаем автоматический выключатель с комбинированными расцепителями, с уставками не менее 50 кА типа А3161.В соответствии с отношением номинального тока плавкой вставки или уставки теплового расцепителя автомата к рабочему току линии не менее 1,4 для ламп ДРМ. Следовательно уставки принимаются:

$$I_y = 1,4 * I_{расч} = 1,4 * 123 = 172,2 \text{ A} \approx 175 \text{ A}. \quad (54)$$

2.3.7 Заземление в осветительных установках

Заземление имеет целью обеспечить безопасность человека при прикосновении его к металлическим корпусам электрооборудования и электроконтструкциям, оказавшимся под напряжением. В сетях с заземленной нейтрально до 1000 В заземление осуществляется соединением металлических частей электроустановки с нулевым проводом, что при замыкании на эти части фазного провода создает короткое замыкание и ведет к отключению аварийного участка аппаратами защиты (защитное отключение). Заземлению подлежат металлические корпуса электроприемников, стальные трубы электропроводки, металлические оболочки кабелей и проводов, железобетонные и металлические опоры электрической сети.

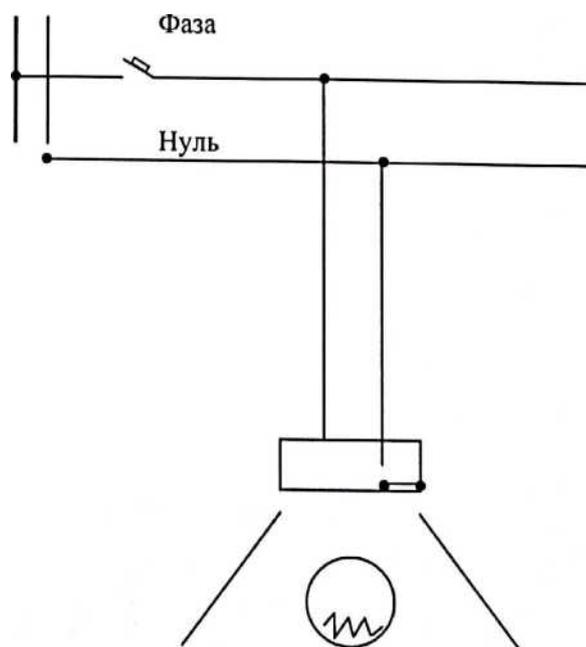


Рисунок 15 – Заземление светильников

2.3.8 Управление освещением

Схема дистанционного управления освещением выполнена на том же напряжении, которым питаются лампы.

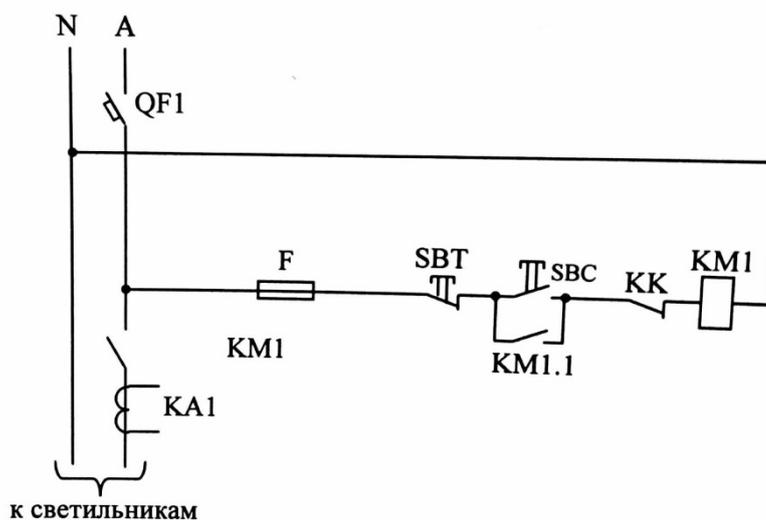


Рисунок 16 – Принципиальная схема дистанционного управления освещением потолка цеха на переменном токе без промежуточных реле

На представленной схеме дистанционного управления освещения потолка механического цеха. Автомат QF1 служит для защиты линии, питающей освещение. При нажатии кнопки SBC («пуск») катушка пускателя KM1 обтекается током и пускатель включается, одновременно включая свой вспомогательный контакт KM1.1, через который и проходит ток при отпуске кнопки SBC.

При нажатии кнопки SBT («стоп») цепь катушки KM1 размыкается и пускатель отключается. Он выключается так же при размыкании контактов теплового реле KK в случае перегрузки или при исчезновении напряжения в сети питания.

Контакт теплового реле KK служит для защиты дистанционных цепей на случай нагрева проводов или отсутствия напряжения в фазном проводе.

2.3.9 Эксплуатация осветительных установок

Осветительная установка не может оставаться эффективной, если не будет обеспечено надлежащее ее обслуживание. Для обеспечения правильного и нормального функционирования осветительных установок необходимо:

- а) организовать тщательную их приемку после монтажа и проверку соответствия проектным решениям, аналогичная приемка должна производиться после капитального ремонта;
- б) проводить регулярную (по графику) чистку светильников;
- в) заменять перегоревшие или отработавшие свой срок лампы;
- г) осуществлять систематический осмотр и планово-предупредительный ремонт светильников и электрической сети.

При приемке осветительной установки в эксплуатацию необходимо тщательно сверить исполнение в натуре с рабочими чертежами проекта.

В процессе приемки комиссия обязана измерить напряжение на ближайших и наиболее удаленных от источника питания светильниках.

Следует произвести с помощью люксметра измерения освещенности в помещениях и на отдельных рабочих местах. Результаты измерений должны соответствовать проектным решениям (с учетом коэффициента запаса).

Из наиболее важных вопросов приемки электрической части необходимо проверить соответствие проектным решениям сечений проводов, токов плавких вставок предохранителей и автоматических выключателей, поскольку ошибки монтажа могут привести к возгоранию проводов.

Сроки службы ламп определяются данными завода-изготовителя, который гарантирует время, в течение которого их световой поток, а следовательно, и светоотдача близки к номинальным. Что касается газоразрядных источников света, то и после резкого снижения светового потока в результате старения они могут функционировать, но освещенность помещений при этом уже становятся значительно ниже нормируемых.

Более прогрессивным является индивидуально-групповой способ, когда лампы заменяются группами по истечении 70-80% нормированного числа часов горения. Правильная постановка эксплуатации осветительной установки невозможна без регулярной чистки светильников. Однако в данном случае с освещением потолка машинного зала, обслуживание допускается с мостового крана с оформлением верхолазных работ. Нормами

проектирования установлены определенные коэффициенты запаса, вводимые при светотехнических расчетах, и сроки чистки светильников. Для помещений с нормальной средой чистки светильников должны производиться не реже одного раза в три месяца.

Можно рекомендовать в помещениях с нормальной средой следующие сроки планово-предупредительных осмотров и ремонтов: светильники, щитки, выключатели, розетки рабочего освещения — 3 раза в год. Проводки скрытые должны проверяться не реже 2 раз в год, а в сырых помещениях - 4 раза в год. При этом измеряется целостность заземляющих (зануляющих) проводников и конденсаторов в ПРА люминесцентных светильников.

В заключении необходимо отметить необходимость соблюдения требований техники безопасности при работах по монтажу и ремонту осветительных установок.

3 МЕТОДИЧЕСКАЯ РАЗРАБОТКА ТЕМЫ « ТЕХНИКО ОБСЛУЖИВАНИЯ ТРАНСФОРМАТОРОВ»

3.1 Структурно логический анализ

3.1.1 Спецификация учебных элементов по теме «Техническое обслуживание и ремонт трансформаторов»

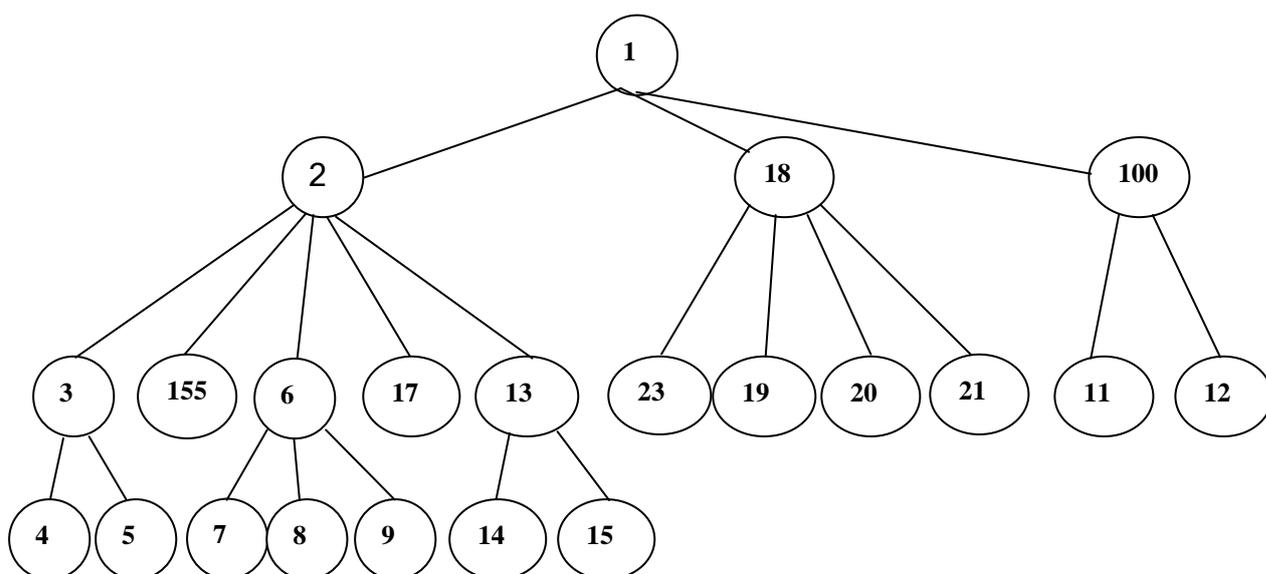
Название таблицы

№ УЭ	Наименование УЭ	Опорное понятие	Новое понятие	Уровень усвоения
1	Трансформаторы	+		2
2	Классификация трансформаторов	+		2
3	По номинальному напряжению	+		2
4	Низковольтные	+		2
5	Высоковольтные	+		2
6	По конфигурации магнитопровода		+	1
7	Стержневые трансформаторы		+	2
8	Броневые трансформаторы		+	2
9	Тороидальные трансформаторы		+	2
10	Виды трансформаторов	+		1
11	Силовые трансформаторы	+		2
12	Измерительные трансформаторы	+		2
13	По количеству обмоток	+		2
14	Трехобмоточные трансформаторы	+		2
15	Двухобмоточныетрансформаторы	+		2
16	Режим холостого хода	+		1

Окончание таблицы

17	Электрическая мощность	+		2
18	Магнитопровод трансформаторов	+		1
19	Ярмовые балки		+	2
20	Стяжные шпильки		+	2
21	Крестовидное сечение		+	2
22	Ступенчатое сечение		+	2
23	Поперечное сечение		+	2

3.1.2 Граф учебных элементов



3.2 План изучения темы

3.2.1 Назначение трансформаторов

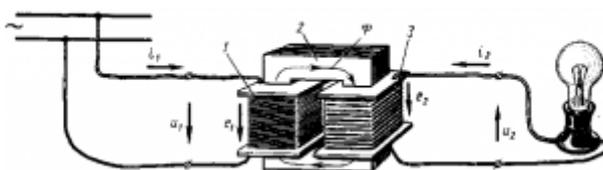
Трансформатором называется статический электромагнитный аппарат, преобразующий переменный ток одного напряжения в переменный ток другого напряжения той же частоты. Трансформаторы позволяют значительно повысить напряжение, вырабатываемое источниками переменного тока, установленными на электрических станциях, и осуществить передачу электроэнергии на дальние расстояния при высоких

напряжениях (110, 220, 500, 750 и 1150 кВ). Благодаря этому сильно уменьшаются потери энергии в проводах и обеспечивается возможность значительного уменьшения площади сечения проводов линий электропередачи.

В местах потребления электроэнергии высокое напряжение, подаваемое от высоковольтных линий электропередачи, снова понижается трансформаторами до сравнительно небольших значений (127, 220, 380 и 660 В), при которых работают электрические потребители, установленные на фабриках, заводах, в депо и жилых домах. На э. п. с. переменного тока трансформаторы применяют для уменьшения напряжения, подаваемого из контактной сети к тяговым двигателям и вспомогательным цепям.

Кроме трансформаторов, применяемых в системах передачи и распределения электроэнергии, промышленностью выпускаются трансформаторы: тяговые (для э. п. с), для выпрямительных установок, лабораторные с регулированием напряжения, для питания радиоаппаратуры и др. Все эти трансформаторы называют силовыми.

Трансформаторы используют также для включения электроизмерительных приборов в цепи высокого напряжения (их называют измерительными), для электросварки и других целей.



(Рисунок) 17. Схема включения однофазного трансформатора

3.2.2 Устройство трансформаторов

Трансформаторы в зависимости от конфигурации магнитопровода подразделяют на стержневые, броневые и тороидальные.

В стержневом трансформаторе обмотки 2 охватывают стержни магнитопровода 1; в броневом, наоборот, магнитопровод 1 охватывает частично обмотки 2 и как бы бронирует их; в тороидальном обмотки 2

намотаны на магнитопровод 1 равномерно по всей окружности.

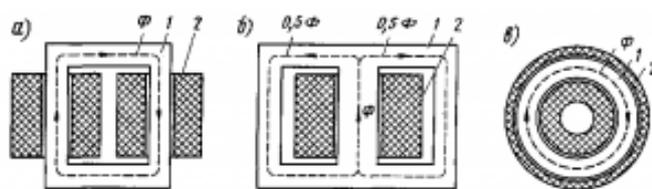


Рисунок 18 - Устройство стержневого (1), броневое (2) и тороидального (3) трансформаторов

Трансформаторы большой и средней мощности обычно выполняют стержневыми. Их конструкция более простая и позволяет легче осуществлять изоляцию и ремонт обмоток. Достоинством их являются также лучшие условия охлаждения, поэтому они требуют меньшего расхода обмоточных проводов. Однофазные трансформаторы малой мощности чаще всего выполняют броневыми и тороидальными, так как они имеют меньшую массу и стоимость по сравнению со стержневыми трансформаторами из-за меньшего числа катушек и упрощения процесса сборки и изготовления. Тяговые трансформаторы с регулированием напряжения на стороне низшего напряжения — стержневого типа, а с регулированием на стороне высшего напряжения — броневое типа.

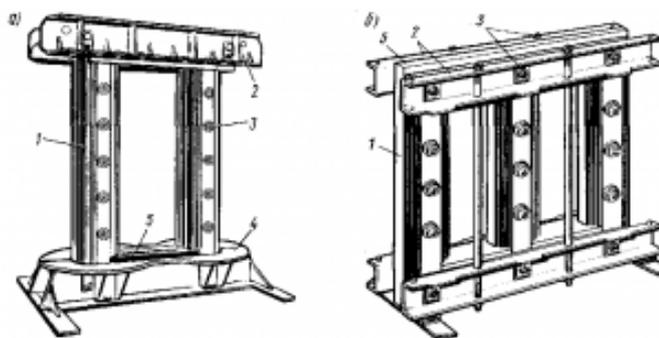


Рисунок 19 - Магнитопроводы однофазного тягового (а) и силового трехфазного (б) трансформаторов: 1 — стержень; 2 — ярмовые балки; 3 — стяжные шпильки; 4 — основание для установки катушек; 5 — ярмо

Магнитопроводы трансформаторов для уменьшения потерь от вихревых токов собирают из листов электротехнической стали толщиной

0,35 или 0,5 мм. Обычно применяют горячекатаную сталь с высоким содержанием кремния или холоднокатаную сталь. Листы изолируют один от другого тонкой бумагой или лаком. Стержни магнитопровода трансформатора средней мощности имеют квадратное или крестовидное сечение, а у более мощных трансформаторов — ступенчатое, по форме приближающееся к кругу (рис.4, а). При такой форме обеспечивается минимальный периметр стержня при заданной площади поперечного сечения, что позволяет уменьшить длину витков обмоток, а следовательно, и расход обмоточных проводов. В мощных трансформаторах между отдельными стальными пакетами из которых собираются стержни, устраивают каналы шириной 5—6 мм для циркуляции охлаждающего масла. Ярмо, соединяющее стержни, имеет обычно прямоугольное сечение, площадь которого на 10—15% больше площади сечения стержней. Это уменьшает нагрев стали и потери мощности в ней.

В силовых трансформаторах магнитопровод собирают из прямоугольных листов. Сочленение стержней и ярма обычно выполняют с взаимным перекрытием их листов внахлестку. Для этого листы в двух смежных слоях сердечника располагают, как показано на рис. 4, б, г, т. е. листы стержней 1, 3 и ярма 2, 4 каждого последующего слоя перекрывают стык в соответствующих листах предыдущего слоя, существенно уменьшая магнитное сопротивление в месте сочленения. Окончательную сборку магнитопровода осуществляют после установки катушек на стержни.

В трансформаторах малой мощности магнитопроводы собирают из штампованных листов П- и Ш-образной формы или из штампованных колец .

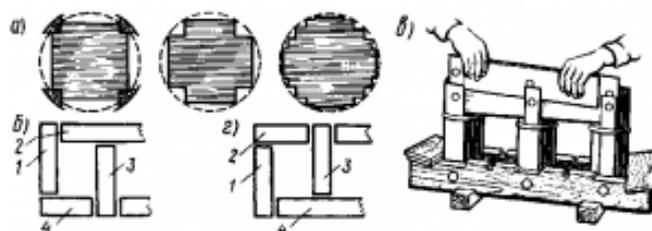


Рисунок 20 - Формы поперечного сечения (а) и последовательность сборки магнитопровода (б — г)

Большое распространение получили также магнитопроводы, навитые из узкой ленты электротехнической стали (обычно из холоднокатаной стали) или из специальных железо-никелевых сплавов.



Рисунок 21 - Сердечники однофазных трансформаторов малой мощности, собранные из штампованных листов (а, б), колец (в) и стальной ленты (г—ж)

Обмотки. Первичную и вторичную обмотки для лучшей магнитной связи располагают как можно ближе друг к другу: на каждом стержне магнитопровода размещают либо обе обмотки 2 и 3 концентрически одну поверх другой, либо обмотки 2 и 3 выполняют в виде чередующихся дисковых секций — катушек. В первом случае обмотки называют концентрическими, во втором — чередующимися, или дисковыми. В силовых трансформаторах обычно применяют концентрические обмотки, причем ближе к стержням обычно располагают обмотку низшего напряжения, требующую меньшей изоляции относительно магнито-провода трансформатора, снаружи — обмотку высшего напряжения.

3.2.3 Принцип работы трансформаторов

Принцип работы трансформатора связан с принципом электромагнитной индукции. Ток поступающий на первичную обмотку создает в магнитопроводе магнитный поток.

Работа трансформатора основана на явлении электромагнитной индукции. На одну из обмоток, называемую первичной обмоткой подаётся напряжение от внешнего источника. Протекающий по первичной обмотке переменный ток создаёт переменный магнитный поток в магнитопроводе, сдвинутый по фазе, при синусоидальном токе, на 90° по отношению к току в первичной обмотке. В результате электромагнитной индукции, переменный

магнитный поток в магнитопроводе создаёт во всех обмотках, в том числе и в первичной, ЭДС индукции пропорциональную первой производной магнитного потока, при синусоидальном токе сдвинутой на 90° по отношению к магнитному потоку. Когда вторичные обмотки ни к чему не подключены (режим холостого хода), ЭДС индукции в первичной обмотке практически полностью компенсирует напряжение источника питания, поэтому ток через первичную обмотку невелик, и определяется в основном её индуктивным сопротивлением. Напряжение индукции на вторичных обмотках в режиме холостого хода определяется отношением числа витков соответствующей обмотки w_2 к числу витков первичной обмотки w_1 : $U_2=U_1w_2/w_1$.

При подключении вторичной обмотки к нагрузке, по ней начинает течь ток. Этот ток также создаёт магнитный поток в магнитопроводе, причём он направлен противоположно магнитному потоку, создаваемому первичной обмоткой. В результате, в первичной обмотке нарушается компенсация ЭДС индукции и ЭДС источника питания, что приводит к увеличению тока в первичной обмотке, до тех пор, пока магнитный поток не достигнет практически прежнего значения. В этом режиме отношение токов первичной и вторичной обмотки равно обратному отношению числа витков обмоток ($I_1=I_2w_2/w_1$), отношение напряжений в первом приближении также остаётся прежним.

Схематично, выше сказанное можно изобразить следующим образом:

$$U_1 > I_1 > I_1w_1 > \Phi > \varepsilon_2 > I_2.$$

Магнитный поток в магнитопроводе трансформатора сдвинут по фазе по отношению к току в первичной обмотке на 90° . ЭДС во вторичной обмотке пропорциональна первой производной от магнитного потока. Для синусоидальных сигналов первой производной от синуса является косинус, сдвиг фазы между синусом и косинусом составляет 90° . В результате, при согласном включении обмоток, трансформатор сдвигает фазу приблизительно на 180° . При встречном включении обмоток прибавляется

дополнительный сдвиг фазы на 180° и суммарный сдвиг фазы трансформатором составляет приблизительно 360° .

3.2.4 Техническое обслуживание, монтаж трансформаторов

Монтаж трансформатора производят на специально оборудованной монтажной площадке вблизи его собственного фундамента (целесообразно на фундаменте), а также на ремонтной площадке ТМХ или на постоянном или переменном торце машинного зала электростанции. Монтажную площадку обеспечивают источником электроэнергии необходимой мощности и связью с емкостями масла со стороны стационарного маслохозяйства (либо емкости располагаются вблизи площадки). Территория монтажной площадки должна предусматривать работы подъемно-технологического оборудования, а также свободное размещение вблизи бака трансформатора подготовленных к установке комплектующих узлов.

При работе на открытом воздухе вблизи трансформатора устанавливают инвентарное помещение для персонала, хранения инструмента, приборов материалов. Площадку оборудуют средствами пожаротушения, телефоном. Освещенность сборочной (монтажной) площадки должна обеспечивать работу в три смены. Монтаж крупных трансформаторов следует производить по проекту организации работ, разработанному с учетом конкретных условий. В объем монтажных работ входит подготовка комплектующих узлов и деталей.

При подготовке к установке на трансформатор вводов кВ проверяют отсутствие трещин и повреждений фарфоровых покрышек, поверхность которых очищают от загрязнений; затем ввод испытывают испытательным напряжением переменного тока, соответствующим классу напряжения ввода.

Для маслонаполненных вводов 110 кВ и выше объем подготовительных работ обусловлен способом защиты масла ввода от соприкосновения с окружающим воздухом.

Герметичные маслонаполненные вводы проверяют внешним осмотром

на отсутствие течи и на целостность фарфоровых крышек и других элементов конструкции, располагаемых с внешней стороны ввода, при этом давление масла измеряют по показаниям манометра. Согласно инструкции завода-изготовителя приводят давление во вводе до требуемых значений в зависимости от температуры окружающего воздуха. При необходимости производят долив или слив масла из ввода. Долив масла может производиться с помощью ручного маслонасоса. Перед присоединением маслонасоса перекрывают вентили со стороны ввода и бака давления, а в переходник вместо пробки вворачивают штуцер с резьбой М 14х1,5. Затем приоткрывают вентиль бака давления и под струей масла из переходника надевают шланг на штуцер. Насосом подают масло в бак давления, следя за показаниями манометра. Отсоединение насоса производят в следующей последовательности: перекрывают вентиль со стороны бака давления, выворачивают штуцер на переходнике и, приоткрыв вентиль со стороны бака давления, под струей масла вворачивают пробку. Открывают вентили на вводе и баке давления. При регулировании давления во вводе, замене манометра или замене поврежденного бака давления и других операциях нельзя допускать проникновения окружающего воздуха во ввод. Подпитку ввода производят дегазированным маслом необходимого качества. Аналогично производят операции по частичному сливу (доливу) масла в герметичные вводы, не имеющие бака давления.

3.3 План практический обучения

3.3.1 Задания

Задание №1 (практическая работа)

Выполнить практическую работу на тему «Расчет трехфазного трансформатора».

Работа посвящена расчёту: коэффициента трансформации, номинальных значений токов первичной и вторичной обмоток, тока холостого хода, напряжения, сопротивления короткого замыкания.

Исследования проводятся при помощи математической модели работы трансформатора.

Обучающиеся на основании исходных данных, задаваемых вариантом выполняют практическое задание. Вариант задания выбирается по последней цифре номера зачетной книжки (таблица 2).

Расчет трехфазного трансформатора

В таблице 10 приведены технические данные трехфазного трансформатора ТСЗ-160/6 (трансформатор трехфазный сухой с заземленной первичной обмоткой). Используя эти данные, определить: коэффициент трансформации k , номинальные значения токов первичной $I_{1\text{ном}}$ и вторичной $I_{2\text{ном}}$ обмоток; ток холостого хода $I_{0\text{ном}}$; напряжение короткого замыкания $U_{\text{к.ном}}$; сопротивление короткого замыкания $Z_{\text{к}}$ и его активную $r_{\text{к}}$ и индуктивную $x_{\text{к}}$ составляющие; определить номинальное изменение напряжения при значениях коэффициента мощности нагрузки $\cos\varphi_2 = 1; 0,8$ (инд.) и $0,8$ (емк.); номинальные и максимальные значения КПД трансформатора при коэффициентах мощности нагрузки $\cos\varphi_2 = 1$ и $0,8$.

Таблица 10 – Технические данные трехфазного трансформатора ТСЗ-160/6

$S_{\text{ном}}, \text{кВ}\cdot\text{А}$	$U_{1\text{ном}}, \text{В}$	$U_{2\text{ном}}, \text{В}$	$P_0, \text{кВт}$	$P_{\text{к.ном}}, \text{кВт}$	$u_{\text{к}}, \%$	$i_0, \%$
160	6	0,23	0,7	2,7	5,5	4,0

Решение

1. Коэффициент трансформации

$$k = U_{1\text{ном}}/U_{2\text{ном}} = 6/0,23 = 26.$$

2. Номинальный ток первичной обмотки

$$I_{1\text{ном}} = S_{\text{ном}}/(\sqrt{3}\cdot U_{1\text{ном}}) = 160/(1,73 \cdot 6) = 15,4 \text{ А.}$$

3. Номинальный ток вторичной обмотки

$$I_{2\text{ном}} = I_{1\text{ном}} \cdot k = 15,4 \cdot 26 = 400 \text{ А.}$$

4. Ток холостого хода

$$I_0 = (i_0/100) \cdot I_{1\text{ном}} = (4/100) \cdot 15,4 = 0,6 \text{ А.}$$

5. Напряжение короткого замыкания

$$U_{1\text{к}} = (u_{\text{к}}/100) \cdot U_{1\text{ном}} = (5,5/100) \cdot 6000 = 330 \text{ В.}$$

6. Сопротивление короткого замыкания

$$Z_k = U_{1к}/(\sqrt{3} \cdot I_{1к}) = 330/(1,73 \cdot 15,4) = 12,4 \text{ Ом.}$$

7. Коэффициент мощности короткого замыкания

$$\cos\varphi_k = P_k/(\sqrt{3} \cdot I_{1ном} \cdot U_k) = 2700/(1,73 \cdot 330 \cdot 15,4) = 0,31; \quad \sin\varphi_k = 0,95.$$

8. Активная и реактивная составляющие сопротивления короткого замыкания

$$r_k = Z_k \cos\varphi_k = 12,4 \cdot 0,31 = 3,8 \text{ Ом;}$$

$$x_k = Z_k \sin\varphi_k = 12,4 \cdot 0,95 = 11,8 \text{ Ом.}$$

9. Активная и реактивная составляющие напряжения короткого замыкания

$$u_{k,a} = u_k \cos\varphi_k = 5,5 \cdot 0,31 = 1,7\%;$$

$$u_{k,p} = u_k \sin\varphi_k = 5,5 \cdot 0,95 = 5,2 \text{ \%}.$$

10. Изменение вторичного напряжения трансформатора при номинальной нагрузке ($\beta = 1$):

при коэффициенте мощности нагрузки $\cos\varphi_2 = 1, \sin\varphi_2 = 0$

$$\Delta U_{ном} = u_{k,a} \cos\varphi_2 + u_{k,p} \sin\varphi_2 = 1,7 \cdot 1 + 0 = 1,7\%;$$

при коэффициенте мощности нагрузки $\cos\varphi_2 = 0,8$ (инд.), $\sin\varphi_2 = 0,6$

$$\Delta U_{ном} = u_{k,a} \cos\varphi_2 + u_{k,p} \sin\varphi_2 = 1,7 \cdot 0,8 + 5,2 \cdot 0,6 = 4,48 \text{ \%};$$

при коэффициенте мощности нагрузки $\cos\varphi_2 = 0,8$ (емк.), $\sin\varphi_2 = 0,6$

$$\Delta U_{ном} = u_{k,a} \cos\varphi_2 + u_{k,p} \sin\varphi_2 = 1,7 \cdot 0,8 + 5,2 \cdot (-0,6) = -1,8\%.$$

Результаты расчета изменения вторичного напряжения трансформатора

$\Delta U_{ном}$ при номинальной нагрузке ($\beta = 1$):

$\cos\varphi_2$	1,0	0,8 (инд.)	0,8 (емк.)
$\Delta U_{ном}, \%$	1,7	4,48	-1,8
$\Delta U_{ном}, \text{В.}$	3,9	10,3	-4,14
$U_2 = U_{2ном} - \Delta U_{ном}, \text{В.}$	226	220	234

Внешние характеристики трансформатора представлены на рис. 19.

11. КПД трансформатора при номинальной нагрузке ($\beta=1$) и коэффициенте мощности $\cos\varphi_2 = 1$

$$\eta = \frac{\beta \cdot S_{\text{НОМ}} \cdot \cos \varphi_2}{\beta \cdot S_{\text{НОМ}} \cdot \cos \varphi_2 + P_{\text{НОМ}} + \beta^2 P_{\text{К.НОМ}}} = \frac{1 \cdot 160 \cdot 1}{1 \cdot 160 \cdot 1 + 0,7 + 1^2 \cdot 2,7} = 0,98;$$

при номинальной нагрузке и коэффициенте мощности $\cos \varphi_2 = 0,8$

$$\eta = \frac{\beta \cdot S_{\text{НОМ}} \cdot \cos \varphi_2}{\beta \cdot S_{\text{НОМ}} \cdot \cos \varphi_2 + P_{\text{НОМ}} + \beta^2 P_{\text{К.НОМ}}} = \frac{1 \cdot 160 \cdot 0,8}{1 \cdot 160 \cdot 0,8 + 0,7 + 1^2 \cdot 2,7} = 0,974.$$

12. Максимальный КПД:

при $\cos \varphi_2 = 1$

$$\eta = \frac{\beta' \cdot S_{\text{НОМ}} \cdot \cos \varphi_2}{\beta' \cdot S_{\text{НОМ}} \cdot \cos \varphi_2 + P_{\text{НОМ}} + 2 \cdot P_{\text{НОМ}}} = \frac{0,51 \cdot 160 \cdot 1}{0,51 \cdot 160 \cdot 1 + 2 \cdot 0,7} = 0,983;$$

при $\cos \varphi_2 = 0,8$

$$\eta = \frac{\beta' \cdot S_{\text{НОМ}} \cdot \cos \varphi_2}{\beta' \cdot S_{\text{НОМ}} \cdot \cos \varphi_2 + P_{\text{НОМ}} + 2 \cdot P_{\text{НОМ}}} = \frac{0,51 \cdot 160 \cdot 0,8}{0,51 \cdot 160 \cdot 0,8 + 2 \cdot 0,7} = 0,979,$$

где коэффициент нагрузки, соответствующий максимальному КПД

$$\beta' = \sqrt{P_{\text{НОМ}} / P_{\text{К.НОМ}}} = \sqrt{0,7 / 2,7} = 0,51.$$

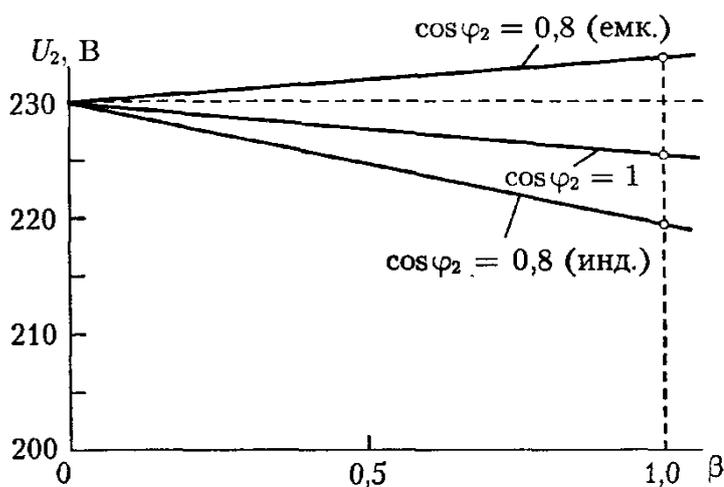


Рисунок 22 - Внешние характеристики трансформатора

Таблица 11 - Варианты задания

Варианты	Тип трансформатора	$S_{\text{НОМ}}$, кВ·А	$U_{1\text{НОМ}}$, В	$U_{2\text{НОМ}}$, В	P_0 , кВт	$P_{\text{К.НОМ}}$, кВт	u_k , %	i_0 , %
0	ТСЗ-160/6	160	6	0,23	0,7	2,7	5,5	4,0
1	ТСЗ-160/10	160	10	0,4	0,7	2,7	5,5	4,0
2	ТСЗ-250/6	250	6	0,23	1,0	3,8	5,5	3,5
3	ТСЗ-250/10	250	10	0,4	1,0	3,8	5,5	3,5
4	ТСЗ-400/6	400	6	0,23	1,3	5,4	5,5	3,0
5	ТСЗ-400/10	400	10	0,4	1,3	5,4	5,5	3,0

Окончание таблицы 11

6	ТСЗ-630/6	630	6	0,4	2,0	7,3	5,5	1,5
7	ТСЗ-630/10	630	10	0,4	2,0	7,3	5,5	1,5
8	ТСЗ-1000/6	1000	6	0,4	30	11,3	5,5	1,5
9	ТСЗ-1000/10	1000	10	0,4	3,0	11,3	5,5	1,5

Задание 2 (тест)

Тест на тему «Техническое обслуживание и ремонт трансформаторов».

Алгоритм выполнения теста:

Ответы на вопросы;

Анализ результатов.

Вопросы теста по оценке знаний

Выберите все правильные ответы

1. ТРАНСФОРМАТОР СОСТОИТ ИЗ:

- а) сердцевина;
- б) сердечник;
- в) первичная обмотка;
- г) вторичная обмотка;
- д) обмотки из проволоки.

Эталон: б); в); г).

2. ТРАНСФОРМАТОР ПРЕДНАЗНАЧЕН ДЛЯ:

- а) Трансформатор предназначен для увеличения или уменьшения переменного напряжения и силы тока;
- б) Трансформатор предназначен для увеличения или уменьшения переменного напряжения;
- в) Трансформатор предназначен для увеличения или уменьшения силы тока;
- г) Трансформатор предназначен для уменьшения переменного напряжения и силы тока;
- д) Трансформатор предназначен для увеличения напряжения и силы тока.

Эталон: а)

3. АКТИВНАЯ ЧАСТЬ ТРАНСФОРМАТОРА – ЭТО:

- 1) магнитопровод;
- 2) магнитопровод с насаженными на его стержни обмотками;
- 3) магнитопровод, обмотки, бак;
- 4) обмотки ввода.

Эталон: в)

4. ПЕРЕМЕННЫЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК ПОДКЛЮЧАЕТСЯ К ОБМОТКЕ ТРАНСФОРМАТОРА:

- а) к первичной;
- б) к вторичной;
- в) к первичной и вторичной;

Эталон: а)

5. ФИЗИЧЕСКОМУ ЗАКОНУ МОЖНО ОПРЕДЕЛИТЬ ПОТЕРИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЛЭП:

- а) закон Джоуля;
- б) закон Джоуля – Ленца;
- в) закон Ленца;
- г) закон Паскаля;
- д) закон Ньютона;

Эталон: б)

6. ТРАНСФОРМАТОР ИЗОБРЕЛ:

- а) Лебедев;
- б) Темерязев;
- в) Яблочков;
- г) Паскаль.

Эталон: б)

7. ТРАНСФОРМАТОР, СОДЕРЖАЩИЙ В ПЕРВИЧНОЙ ОБМОТКЕ 840 ВИТКОВ, ПОВЫШАЕТ НАПРЯЖЕНИЕ С 220 ДО 660 В. ВИТКОВ СОДЕРЖИТСЯ ВО ВТОРИЧНОЙ ОБМОТКЕ:

- а) 840;

б) 2520;

в) 2625.

Эталон: б)

8. ТРАНСФОРМАТОР ПОНИЖАЕТ НАПРЯЖЕНИЕ ОТ 220 В ДО 36 В:

а) если выходное напряжение больше чем на выходе, то трансформатор повышающий;

б) если вторичная катушка замкнута то в ней возникает индукционный ток;

в) количество витков во вторичной обмотке всегда больше чем в первичной.

Эталон: б)

9. ДЛЯ ИЗМЕНЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ В ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ ИСПОЛЬЗУЮТ:

а) трансформаторы;

б) транзисторы;

в) термостаты;

г) диоды.

Эталон: а)

10. КОЭФФИЦИЕНТ ТРАНСФОРМАЦИИ БОЛЬШЕ 1. ЭТО ЗНАЧИТ, ЧТО ТАКОЙ ТРАНСФОРМАТОР ЯВЛЯЕТСЯ:

а) повышающим;

б) понижающим.

Эталон: б)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате произведенных расчетов суммарная нагрузка на шинах цеховой подстанции составила $S_{\text{расч,ц}}=2057,833$ КВА при изначально установленной $P_y=2100$ кВт. Цеховые трансформаторы выбраны с 30% запасом мощности для дальнейшей модернизации цеха с учетом наращивания производственных мощностей. В процессе разработки представлено два варианта электроснабжения цеха. Дальнейшей разработке подвергся лучший вариант 1. Система электроснабжения выполнена комплектными винопроводами типа ШМА и ШРА. Все выбранное оборудование проверено на действие токов короткого замыкания. Наибольшее значение тока короткого замыкания наблюдается на шинах НН цеховой подстанции, его амплитудное значение составило порядка 18,89 кА.

В специальной части ВКР анализ действующей системы освещения показал, что она целиком и полностью соответствует расчетам с учетом требований всех нормативных документов. При расчете выявлено что необходимо замена ламп накаливания, освещающих потолок механического цеха на лампы ДРИ имеющих ряд преимуществ. А именно, что нормы освещенности при лампах ДРИ возрастают по сравнению с лампами накаливания в 3 раза, и светоотдача возрастает в 2,7 раза. Применение ламп ДРИ экономичнее из-за меньшего количества светильников, что окупает увеличение капитальных затрат на балласты (ПРА) и конденсаторы для повышения коэффициента мощности.

В этом же разделе рекомендована эксплуатация осветительных установок начиная с приемки осветительной сети в эксплуатацию и заканчивая планово-предупредительными ремонтами.

Задачи поставлено в ВКР выполнены:

- рассчитаны электрические нагрузки механического цеха;
- произведен технико-экономический расчет;
- расчет токов короткого замыкания;

- найдена расчетная мощность осветительной сети;
- расчет осветительной сети по потере напряжения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Правила устройства электроустановок / Главгосэнергонадзор России 7-е изд, перераб и доп, с изменениями - Москва: Энергоатомиздат, 2004.- 687 с.
2. Кнорринг Г.М. Осветительные установки - Ленинград: Энергоатомиздат, Ленинградское отделение, 2005 - 426 с.
3. Шеховцев В.П. Расчёт и проектирование схем электроснабжения. Методическое пособие для курсового и дипломного проектирования: Форум ИНФРАМ., 2003 - 214 с, ил.
4. Федоров А.А., Старков Л.Е. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования по электроснабжению промышленных предприятий. - Москва: Энергоатомиздат, 2008.- 398 с.
5. Вагин Г.Я. Режимы электросварочных машин. - М.: Энергоатомиздат, 2005.- 165 с.
6. С.А. Ульянов. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах - М: издательство «Энергия», 2008.- 340 с.
7. Блок В.М. Пособие к курсовому и дипломному проектированию для энергетических специальностей - Москва: «Высшая школа», 2004.- 420 с.
8. Б.А. Князевский, Б.Ю. Липкин. Электроснабжение промышленных предприятий: Учеб, для студент вузов. - 3-е изд., перераб. И доп.- Москва: «Высшая школа», 2006. -400 с, ил.
9. Кнорринг Г.М. Справочная книга для проектирования электрического освещения. - Ленинград: «Энергия», 2007.-432 с.
10. СНиП 23-05-95* Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования Госстрест России. - Москва: Стройиздат, 2003.- 13 с.
11. ГСниП IV-6-84. Приложение. Сборники расценок на монтаж оборудования. Сб. 8. Электротехнические установки / Госстрой СССР. - Москва: Стройиздат, 2009.- 191

12. Кудрюк Л.А. Светотехника - Москва: «Высшая школа», 2010.- 210 с.
13. Гергович М.А. Автоматика энергосистем - Москва: «Энергия», 2009.- 316 с.
14. И.П. Крючков, Н.Н. Кувшинский, Б.Н. Неклепаев. Электрическая часть станций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования - 4-е изд., перер. и доп.- Москва: Энергоатомиздат, 2005.- 608 с.
15. СНиП 4.8.2.721-03 Вентиляция бытовых и производственных помещений - Москва: Министерство здравоохранения РФ, 2003.- 12 с.
16. СанПиН 2.2.4.548-96 Санитарные правила и нормы для гигиенических требований к микроклимату производственных помещений.- Москва: Министерство здравоохранения РФ, 2006.- 12 с.
17. ГОСТ 12.0.004-90 ССБТ Организация обучения безопасности труда. Общие положения. - Москва: Госстандарт, 2008.- 65 с.
18. ГОСТ 12.1.019-79 ССБТ Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. - Москва: Госстандарт, 2006.- 16 с.
19. ГОСТ ССБТ 12.1.004-01 П.Б. Пожарная безопасность. Общие требования - Москва: Госстандарт, 2003.-91 с.
20. Эрганова Н.Е. Методика профессионального обучения: Учебное пособие - 3-е изд., перераб. и доп. - Екатеринбург: изд. РГППУ, 2011.- 150 с.