

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт энергетики и электротехники
(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»
(наименование кафедры)

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
(код и наименование направления подготовки, специальности)

Электроснабжение
(направленность (профиль)/специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Электроснабжение группы цехов производства пластмасс автозавода

Студент

А.В. Смирнов

(И.О. Фамилия)

_____ (личная подпись)

Руководитель

Д.А. Кретов

(И.О. Фамилия)

_____ (личная подпись)

Консультанты

А.В. Кириллова

(И.О. Фамилия)

_____ (личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой

д.т.н., профессор В.В. Вахнина

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

_____ (личная подпись)

«____» _____ 20____ г.

Тольятти 2019

АННОТАЦИЯ

Выпускная квалификационная работа посвящена вопросу электроснабжения групп цехов, производства пластмасс автозавода. В частности, будет проведено проектирование электроснабжения ремонтно-механического завода, а также проведены расчеты ожидаемых нагрузок цехов как от силового оборудования, так и от системы искусственного освещения. При получении определенных значений расчетной мощности по заводу, были выбраны цеховые трансформаторные подстанции, низкое и высокое напряжение главной понизительной подстанции (ГПП), мощность силовых трансформаторов на ГПП и коммутационно-защитное оборудование. Работа состоит из пояснительной записки на 50 страницах и графической части на 6 чертежах формата А1.

ABSTRACT

In this final qualifying work reveals the issue of power supply for groups of shops of the automotive plastic plant.

The aim of the work to give some information about power supply repair and mechanical shop. When certain values of estimated capacity were received through the plant, the shop transformer substations, low and high voltage of the main step-down substation.

The qualifying work may be divided into several logically parts which are: explanatory note and graphic part. The note consists of an introduction, description of the object, determining the electrical loads of the automobile, determining the load of lighting, selecting the number and power of transformers, calculating the number and power of transformers loads of the main step-down substation, conclusion, references.

The main tasks of the work are: calculation of electrical loads, calculation of lighting loads, selection of the number and power of substations and transformers of complete transformer substations, calculation of power loads of the substation, as well as the choice of power transformers of the main step-down substation and their number.

In conclusion I'd like to stress, in in my work, 50 pages from the explanatory note and 6 drawings of the graphic part, made strictly by standards, are used.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 Описание объекта проектирования	7
2 Определение электрических нагрузок предприятия	9
2.1 Расчет нагрузок ремонтно-механического цеха	12
2.2 Расчет электрических нагрузок предприятия	21
3 Расчет электрических нагрузок освещения.....	26
4 Выбор числа и мощности цеховых трансформаторов КТП	31
5 Выбор кабелей питания цеховых трансформаторных подстанций	35
6 Расчет нагрузок главной понизительной подстанции.....	37
7 Выбор типа, числа и мощности трансформаторов главной понизительной подстанции	39
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	47
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	49

ВВЕДЕНИЕ

Систему электроснабжения (СЭС) промышленного предприятия подразделяют на три категории. К первой категории причисляют систему внешнего электроснабжения; ко второй систему внутреннего электроснабжения; к третьей систему внутрицехового электроснабжения. Однако, СЭС предприятий является своего рода подсистемой технологической составляющей производства, а также подсистемой общей энергосистемы. Электроэнергия, передающаяся в систему предприятия, рассматривают аналогично сырью, или материалами, которые используются в процессе производства, а также трудозатратами.

По отношению к внешней СЭС, выделяются электроустановки и устройства между УРП (узловым распределительным пунктом) и ГПП (главной понизительной подстанцией). Ниже представлен перечень напряжений системы внешнего электроснабжения: 35, 110 и 220 кВ.

Внутренняя система электроснабжения предприятия зачастую характеризуется большей разветвленностью, нежели система внутреннего электроснабжения. Также одной из основных характеристик внутренней системы электроснабжения выступает протяженность сети, включающей в себя ВЛ, КЛ, а также РП (распределительные пункты), ТП (трансформаторные подстанции), аппараты коммутации.

Распределение электрической энергии в системе внутреннего электроснабжения предприятий выполняется при напряжении равном $U=6,10,20$ кВ.

В системе внутреннего электроснабжения, распределение электроэнергии осуществляется при напряжении 6, 10 или 35 кВ.

Внутрицеховая СЭС включает: кабели, провода, шинопроводы от распределительного щита цеховой ТП до электроприёмников. Распределение энергии в СЭС внутрицехового электроснабжения выполняется при номинальных значениях напряжения равных соответственно 380, 220, 660 В.

переменного тока от трансформаторных подстанций напряжениях 110, 220, 440, 1200 В.

Для отдельных производственных процессов может применяться отличные от представленных выше значения напряжений. В цеховых СЭС промышленных предприятий преимущественно используют сети с глухозаземленной нейтралью, с изолированной нейтралью. Равными по своим характеристикам 220/380 В, 660/1140 В. Основным достоинством использования напряжения равным 220/380 В является возможность одновременное питание осветительных сетей и электроприемников.

Распределение электрической энергии в сетях напряжением менее или равным 1 кВ к электроприемникам выполняется от пунктов распределения электрической энергии (ПР), от щитов, от магистрали и ШР (распределительных шинопроводов).

Задачей данной ВКР является проектирование надежной и максимально экономичной системы производства пластмасс автозавода.

Основными задачами работы выступают: расчёт электрических нагрузок, расчёт нагрузок освещения, выбор числа и мощности КТП и трансформаторов комплектных трансформаторных подстанций, расчёт силовых нагрузок ГПП, а так же выбор мощности трансформаторов главной понизительной подстанции и их количества.

1 Описание объекта проектирования

Цеха производства пластмасс автозавода находятся на Средней Волге. Цехов, отделений и участков на территории завода насчитывается в общей сложности 22 здания.

Из них 10 цеховых помещений, куда приходится самая высокая нагрузка. Так же существуют 4 склада, куда в свою очередь приходит меньшее напряжение.

С противоположной от проходной стороны приходит питание. Так же рядом с проходной находятся столовая и заводоуправление. Выше на плане располагаются транспортный, инструментальный цеха, а также центральный склад. Ниже располагаются склад готовой продукции тех ширпотреба и термический цех, а также компрессорная которая по видам высоковольтных электроприемников отнесена к разряду синхронных ЭД.

По другую сторону от перечисленных ранее отделений и цехов находятся самые энергозависимые на территории завода цеха. К их числу относятся лидеры по потреблению – это инструментальный цех, цех пластмассовых деталей и гигант в потреблении – штамповочный цех с потреблением в 3510 кВт. Несмотря на то, что цеха берут на себя основную нагрузку так же не мало потребляют и водно-насосная станция и котельная с общей мощностью в 3015 кВт. Среди всего прочего не малое количество от общей мощности принимает на себя освещение.

Рабочие места такие как цеха должны освещаться особенно качественным образом для создания комфортной рабочей среды для сотрудников, а находящаяся на территории завода – центральная заводская лаборатория должна получить особое внимание на этапе расчета освещения так как на ряду с другими помещениями она должна быть освещена особенно качественно ввиду особых задач, проводимых на территории этого помещения.

Несмотря на то, что склады в освещении нуждаются в меньшей степени, их особенность заключается в масштабах площадей, а значит на большую территорию тоже потребуется не малое количество ламп.

Отсюда следует что на освещение требуется значительное количество мощности, которая не может остаться без внимания при расчете, выборе и реконструкции нового электроснабжения группы цехов на автозаводе.

2 Определение электрических нагрузок предприятия

Для составления полноценного проекта электроснабжения любого вида производства, необходимо производить расчёт ожидаемых электрических нагрузок.

Данный этап стоит считать наиважнейшим по ряду причин, связанных со всем дальнейшим процессом проектирования. Расчёт электрических нагрузок требуется для:

- выбора трансформаторов и коммутационного оборудования трансформаторных подстанций;
- выбора сечений кабелей питающих сетей;
- составления картограммы нагрузок предприятия;
- проведения энергоаудита и т.д.

В процессе проектирования прибегают к различным методам расчёта электрических нагрузок, которые, в свою очередь, подразделяются на две группы: основные методы и вспомогательные.

«К вспомогательной группе относятся:

- метод удельной нагрузки на единицу площади;
- метод удельного расхода электроэнергии на единицу продукции за период времени. » [4].

Методы, входящие в группу основных представлены ниже:

- статистический метод;
- метод коэффициента формы графика нагрузки и средней мощности;
- комплексный метод;
- метод коэффициента расчётной и средней мощности;
- метод коэффициента спроса и установленной мощности;
- метод коэффициента максимума или метод упорядоченных диаграмм.

Руководствуясь заданием к данной выпускной квалификационной работе, из представленных методов определения электрических нагрузок выбираем для дальнейшего расчёта метод коэффициента максимума.

Для исполнения задания, необходимо представить исходные данные о мощностях цехов и приведённом количестве электроприёмников. В соответствии с заданием на выпускную квалификационную работу, составляем таблицу 2.1.

Таблица 2.1 – Сведения об установленной мощности и приведённом количестве электроприёмников цехов

Порядковый номер	Наименование цеха	Установленная мощность P_n электроприёмников напряжением 0,4 кВ, кВт	Приведённое число электроприёмников, n_3
1	2	3	4
1	Ремонтно-строительный цех	750	15
2	Транспортный цех	420	17
3	Ремонтно-механический цех	263	22
4	Инструментальный цех	2090	43
5	Водо-насосная станция	1610	7
6	Котельная	1405	10
7	Центральный склад	12	1
8	Склад металлов	10	3
9	Проходная	20	2
10	Столовая	105	20
11	Заводоуправление	90	2
12	Очистные сооружения	375	3

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3	4
13	Цех пластмассовых деталей	1560	10
14	Электроцех	660	17
15	Сварочно- заготовительный цех	1035	17
16	Штамповочный цех	3510	70
17	Склад комплектующих материалов	13	1
18	Склад готовой продукции	10	1
19	Цех ширпотреба	1035	19
20	Термический цех	1450	22
21	Центральная заводская лаборатория	225	27
22	Компрессорная	15	2

Также, в таблице 2.2 приведены установленные мощности электроприёмников напряжением свыше 1 кВ.

Таблица 2.2 – Сведения об ЭП напряжением свыше 1 кВ.

№ п/п	Наименование цеха, отделения, участка	Вид высоковольтных приёмников	Установленная мощность одного ЭП, кВт	Количество электроприёмников	Напряжение электроприёмников, кВ
22	Компрессорная	Синхронные ЭД	630	3	6

Первым делом, согласно [4], приступаем к расчёту нагрузок одного из цехов - ремонтно-механического.

2.1 Расчет нагрузок ремонтно-механического цеха

Задание на выпускную квалификационную работу требует произвести подробный расчёт электрических нагрузок ремонтно-механического цеха. Ниже, в таблице 2.3 представлен перечень электроприёмников цеха с указанием количества ЭП и соответствующих паспортных мощностей.

Таблица 2.3 – Перечень ЭП ремонтно-механического цеха.

№	Наименование электроприёмников	Кол-во	Мощность электроприёмника, кВт	Суммарная активная мощность, кВт
1	2	3	4	5
1	Станок токарно-винторезный 1К62	2	11,125	22,25
2	Станок вертикально-фрейзерный 6М12П	1	12,925	12,925
3	Станок вертикально-сверлильный 2А125	1	2,925	2,925
4	Кран-балка электроподвесная ТЭ-2	1	4,85	4,85
5	Молот пневматический ковочный МБ412	1	10	10
6	Станок отбивочно-точильный 3М634	1	2,8	2,8
7	Вентилятор	3	4,5	13,5
8	Ножницы Н474	2	7	14
9	Пресс листогибочный 4135	2	15,7	31,4
10	Станок настольно-сверлильный НС-12А	6	0,6	3,6
11	Станок трубогибочный С-288	2	7	14 -132,25

Продолжение таблицы 2.3

1	2	3	4	5
12	Электропечь сопротивления шахтовая с щитом управления ПИЗ1 с ЩУ-121	1	24	24
13	Печь муфельная П-6	3	2,2	6,6
14	Выпрямитель селеновый 2000/1000 А 6-12В ВСМР	3	22	66
15	Шкаф сушильный электрический	2	17,075	34,15
Итого		31	0,6-22	263

Для произведения расчёта и удобства представления нагрузок, составляем сводную ведомость нагрузок и заносим данные в таблицу 2.4, в соответствии с методикой [4].

В первой графе данной таблицы необходимо указать наименование выбранного электроприёмника и его модель. В случае данной ВКР, в качестве примера выберем станок токарно-винторезный 1к62 и представим дальнейшие расчёты на примере данного ЭП.

В графе номер 2 указываем количество электроприёмников. В данном случае – 1.

Графа 2 заполняется количеством электроприёмников данного типа.

Графы 3 и 4 заполняются трёхфазной мощностью одного электроприёмника в графе 3 и суммарной мощностью электроприёмников группы, в соответствии с их количеством, указанным в графе 2.

Для заполнения граф 3 и 4 требуются данные о трёхфазной мощности электроприёмника. Все электроприёмники цеха, кроме кран-балки ТЭ-2, являются трёхфазными ДР потребителями электроэнергии. Кран-балка является трёхфазным потребителем, работающим в повторно-кратковременном режиме с коэффициентом ПВ=40%.

Используя формулу (2.1) можно произвести приведение приёмников ПКР к длительному режиму:

$$P_n = P_{\text{пасп}} \cdot \overline{ПВ} \quad (2.1)$$

В формулу (2.1) подставляются значения паспортной мощности электроприёмника и его продолжительность включения. Произведём вычисление условной трёхфазной мощности кран-балки ТЭ-2:

$$P_n = 4,85 \cdot \overline{0,4} = 3,1 \text{ кВт.}$$

Возвращаясь к станку, взятому в качестве примера, графа 3 заполняется значением 11,125. В графу 4 заносятся значения суммарной мощности электроприёмников одного типа, в соответствии со значением из графы 2.

В графу 5 заносится значение m . Так как подробному рассмотрению подвергается только один из цехов предприятия, то данное значение рассчитывается для всего цеха по формуле (2.2)

$$m = \frac{P_{n \text{ наиб}}}{P_{n \text{ наим}}}, \quad (2.2)$$

где $P_{n \text{ наиб}}$ –наибольшая номинальная мощность электроприёмников в рассматриваемом цехе, а $P_{n \text{ наим}}$ –наименьшая номинальная мощность электроприёмников в том же цехе.

По формуле (2.2) рассчитаем значение m для ремонтно-механического цеха, подставив в формулу номинальную мощность электропечи сопротивления ПИЗ1– 24 кВт и значение номинальной мощности станка настольного сверлильного НС-12А:

$$m = \frac{24}{0,6} = 36,67 > 3.$$

В результате, в графу 5 заносим значение >3 .

Используя справочные данные, для каждого из представленных электроприёмников, выписываем в графу 6 значение коэффициента использования. Для токарно-винторезного станка 1К62 $K_{и}$ принимает значение 0,14.

Также, используя справочный материал, заполняем графу номер 7. Числитель в данном случае представляет из себя значение коэффициента мощности $\cos \varphi$, а знаменатель значение $\operatorname{tg} \varphi$. Для выбранного в качестве примера электроприёмника графа номер 7 заполняется следующим образом:

$$\frac{0,6}{1,32}$$

Графы 8 и 9 являются заключительным этапом расчёта для каждого отдельного ЭП. Дальнейший расчёт, в соответствии с методикой, производится для всего цеха в целом. В данные графы заносятся значения среднесменных нагрузок, вычисления которых производятся посредством использования формул (2.3) и (2.4), представленных ниже:

$$P_{см} = K_{и} \cdot P_{н}, \quad (2.3)$$

$$Q_{см} = P_{см} \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (2.4)$$

где $P_{см}$, $Q_{см}$ – значения активной и реактивной среднесменных нагрузок соответственно и $K_{и}$ – коэффициент использования.

Для станка токарно-винторезного 1К62 произведём расчёт по, представленным выше, формулам (2.3) и (2.4):

$$P_{см} = 0,14 \cdot 22,25 = 3,12 \text{ кВт};$$

$$Q_{см} = 3,12 \cdot 1,32 = 4,11 \text{ квар.}$$

Данные значения среднесменных нагрузок заносим соответственно в графы 8 и 9. Этим завершается расчёт для отдельных электроприёмников и начинается расчёт электрических нагрузок для всего цеха.

Сначала определяем итоговое значение коэффициента использования для цеха. В соответствии с методикой расчёта, воспользуемся формулой (2.5):

$$K_{\text{и}} = \frac{\Sigma P_{\text{см}}}{\Sigma P_{\text{н}}}, \quad (2.5)$$

где $\Sigma P_{\text{см}}$ является итоговым значением среднесменной активной нагрузки цеха, $\Sigma P_{\text{н}}$ – итоговое значение номинальной активной мощности всех электроприёмников цеха.

По данной формуле вычисляем итоговое значение коэффициента использования для ремонтно-механического цеха:

$$K_{\text{и}} = \frac{20,56}{134,6} = 0,35.$$

Получив итоговое значение $K_{\text{и}}$, можно приступить к дальнейшему расчёту и заполнению сводной ведомости нагрузок.

Графа номер 10 заполняется для всего цеха значением эффективного количества электроприёмников. Для определения подходящего значения $n_{\text{э}}$, обратимся к методике расчёта [4]. Так как коэффициент использования для данного цеха равен 0,35, а значение m получилось больше 3, следует рассчитывать эффективное количество электроприёмников по следующей формуле (2.6):

$$n_{\text{э}} = \frac{2}{1} \frac{\Sigma P_{\text{н}}}{P_{\text{н.макс}}}, \quad (2.6)$$

где P_n – номинальная мощность электроприёмников, $P_{n,max}$ – мощность наибольшего ЭП цеха.

Подставляем в формулу (2.6) известные значения и вычисляем эффективное число электроприёмников:

$$n_э = \frac{2 \cdot 263}{24} = 22$$

Из чего следует, что значение эффективного числа электроприёмников: $n_э = 22$.

Далее производится заполнение графы 11, где в числителе указывается коэффициент максимума для активной $K_{ма}$, а в знаменателе – для реактивной $K_{мр}$ мощностей. Для данного узла, $K_{ма}$ находится по методике [4]. Для ремонтно-механического цеха, $K_{ма} = 1,26$. Далее, руководствуясь полученным количеством эффективных электроприёмников, определяется коэффициент максимума для реактивной мощности. Для данного цеха $K_{мр}$ получается равным 1.

Следующими шагами являются вычисления расчётных мощностей для узла 1. По формулам (2.7), (2.8) и (2.9) вычисляются расчётные активная, реактивная и полная мощности соответственно.

$$P_p = K_{ма} \cdot P_{см}, \quad (2.7)$$

$$Q_p = K_{ма} \cdot Q_{см}, \quad (2.8)$$

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}, \quad (2.9)$$

где P_p , Q_p и S_p – активная, реактивная и полная расчётные мощности
Полученные данные заносятся соответственно в графы 12, 13 и 14.

Заключительным этапом расчёта нагрузок для ремонтно-механического цеха становится заполнение графы номер 15 – значение тока по узлу, вычисляемого по (2.10).

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{н.л}}, \quad (2.10)$$

где I_p – расчётный ток узла,

$U_{н.л}$ – номинальное напряжение линии в кВ.

На этом расчёт нагрузок без учёта освещения для данного цеха окончен.

Таблица 2.4 - Сводная ведомость нагрузок по КТП

Наименование объектов и электроприёмников	Кол. ЭП	Установленная мощность, $P_{ном}$ (при ПВ=100%)		m	Ки	$\frac{\cos\varphi}{tg\varphi}$	Среднесменная нагрузка		n_s	$\frac{K_{ма}}{K_{мп}}$	Расчётная нагрузка			I_p, A
		$P_{min} - P_{max}, кВт$	$P_{ном\Sigma}, кВт$				$P_{см}, кВт$	$Q_{см}, квар$			$P_p, кВт$	$Q_p, квар$	$S_p, кВт\cdot A$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Ремонтно-механический цех														
Станок токарно-винторезный 1К62	2	11,125	22,25	>3	0,14	$\frac{0,6}{1,32}$	3,12	4,11	22	$\frac{1,26}{1}$	116,5	67,7	134,71	29,59
Станок вертикально-фрейзерный 6М12П	1	12,925	12,925		0,13	$\frac{0,6}{1,32}$	1,68	2,22						
Станок вертикально-сверлильный 2А125	1	2,925	2,925		0,12	$\frac{0,6}{1,32}$	0,35	0,46						
Кран-балка электроподвесная ТЭ-2	1	4,85	4,85		0,1	$\frac{0,5}{1,73}$	0,49	0,84						
Молот пневматический ковочный МБ412	1	10	10		0,2	$\frac{0,6}{1,32}$	2,00	2,64						
Станок отбивочно-точильный 3М634	1	2,8	2,8		0,17	$\frac{0,65}{1,17}$	0,48	0,56						
Вентилятор	3	4,5	13,5		0,6	$\frac{0,8}{0,75}$	8,10	6,08						
Ножницы Н474	2	7	14		0,25	$\frac{0,7}{1,73}$	3,50	6,06						
Пресс листогибочный 4135	2	15,7	31,4		0,17	$\frac{0,65}{1,17}$	5,34	6,25						
Станок настольно-сверлильный НС-12А	6	0,6	3,6		0,12	$\frac{0,6}{1,32}$	0,43	0,57						
Станок трубогибочный С-288	2	7	14 - 132,25	0,14	$\frac{0,5}{1,73}$	1,96	3,39							

Продолжение таблицы 2.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Электродпечь сопротивления шахтовая с щитом управления ПИЗ1 с ЩУ-121	1	24	24		0,8	$\frac{0,95}{0,33}$	19,20	6,34						
Печь муфельная П-6	3	2,2	6,6		0,8	$\frac{0,95}{0,33}$	5,28	1,74						
Выпрямитель селеновый 2000/1000 А 6-12В ВСМР	3	22	66		0,2	$\frac{0,6}{1,32}$	13,20	17,42						
Шкаф сушильный электрический	2	17,075	34,15		0,8	$\frac{0,95}{0,33}$	27,32	9,02						
Итого по цеху	31	0,6-22	263	>3	0,35	$\frac{0,8}{0,73}$	92,44	67,68	22	$\frac{1,26}{1}$	116,5	67,7	134,71	29,59

2.2 Расчет электрических нагрузок предприятия

Для определения электрических нагрузок по предприятию в целом, следует воспользоваться той же методикой, что и в расчёте нагрузок отдельно взятого цеха. Однако, в соответствии с заданием на выпускную квалификационную работу, данный расчёт будет упрощён за ненадобностью проведения операций над отдельными электроприёмниками.

При расчете электрических нагрузок силового оборудования для всего предприятия можно выделить следующее:

- шины РП (распределительного пункта) внутреннего энергоснабжения предприятия. Нагрузка, которая создаётся отдельными ЭП и трансформаторами, при учёте потерь, возникающих в них, используется для осуществления выбора сечения проводов и кабелей линий, отходящих от распределительного пункта к отдельным приемникам и цеховым трансформаторным подстанциям, и коммутационным аппаратам. Расчетная нагрузка на секции РП определяется для того, чтобы произвести выбор сечения и материалов шин, а также линий, питающих РП и отключающие аппараты, устанавливаемые на этих линиях.

- шины РУ ГПП. Расчётные нагрузки определяются для произведения выбора числа, мощности и типа силовых трансформаторов, сечения шин распределительного устройства главной понизительной подстанции, отключающих аппаратов на стороне низкого напряжения силовых трансформаторов.

- Расчетную нагрузку на стороне высокого напряжения принято находить с учетом потерь в силовом трансформаторе, а также учитывая расчетную нагрузку на обмотке СН или расщепленной обмотке, если в трансформаторе более двух обмоток. Данная нагрузка применяется для того, чтобы появилась возможность выбора сечения линий и коммутационных аппаратов для присоединения трансформатора ГПП к ЭС.

Активная нагрузка группы силовых трехфазных электроприемников на всех ступенях питающих и распределительных сетей находится с

Определение активной мощности группы силовых электроприёмников распределительных сетей находят с использованием значений среднесменной нагрузки и коэффициента максимум.

Используя значения $n_{\text{э}}$ и $K_{\text{и}}$, по таблице находим коэффициенты максимума $K_{\text{м}}$ и определяем расчетные активные $P_{\text{р}}$ и реактивные $Q_{\text{р}}$ нагрузки в целом для механического цеха:

$$P_{\text{р}} = K_{\text{м}} \cdot P_{\text{см}} \quad (2.11)$$

Подставив известные значения в формулу (2.11), вычислим значение расчётной активной мощности:

$$P_{\text{р}} = 525 \cdot 1,11 = 582,75 \text{ кВт.}$$

Расчетная реактивная нагрузка группы электроприемников принимается в соответствии со следующими условиями:

$$1. \ n_{\text{э}} \leq 10 \quad Q_{\text{р}} = 1,1 \ Q_{\text{с}} = 1,1 P_{\text{н}} K_{\text{и}} \cdot \text{tg} \ ; \quad (2.12)$$

$$2. \ n_{\text{э}} \geq 10 \quad Q_{\text{р}} = Q_{\text{с}} = P_{\text{н}} K_{\text{и}} \cdot \text{tg} \ ; \quad (2.13)$$

Согласовав условия в соответствии с формулами (2.12) и (2.13), произведём расчёт реактивной нагрузки:

$$n_{\text{э}} = 15 \quad Q_{\text{р}} = 463,01 \text{ квар}$$

Определяем полную расчётную нагрузку:

$$S_{\text{р}} = \sqrt{P_{\text{р}}^2 + Q_{\text{р}}^2} \quad (2.14)$$

Подставив в формулу (2.14), вычислим полную расчётную мощность ремонтно-строительного цеха:

$$S_p = \sqrt{582,75^2 + 463,01^2} = 744,29 \text{ кВА.}$$

Определяем расчётный ток для ЭП рассчитываемого узла нагрузок:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n} \quad (2.15)$$

В заключении, вычислим расчётный ток по формуле (2.15):

$$I_p = \frac{744,29}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 1132,18 \text{ А.}$$

Определение расчётных нагрузок остальных цехов выполняются аналогично, результаты заносятся в таблицу 2.5.

Таблица 2.5 – Расчёт нагрузок цехов предприятия.

№ п.п.	Наименование цехов и узлов СЭС ПП	P_H , кВт	$P_{H.Э}$, кВт	n_3	$K_{И}$	$\cos \varphi$	$\operatorname{tg} \varphi$	$P_{СМ}$, кВт	$Q_{СМ}$, квар	K_M	P_P , кВт	Q_P , квар	S_P , кВт·А	I_P , А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Нагрузка 0,4 кВ														
1	Ремонтно-строительный цех	750	50,0	15	0,7	0,75	0,88	525	463,01	1,11	582,75	463,01	744,29	1132,18
2	Транспортный цех	420	24,7	17	0,2	0,7	1,02	84	85,70	1,58	132,72	85,70	157,98	240,31
3	Ремонтно-механический цех	263	14,6	22	0,35	0,8	0,73	92,44	67,68	1,26	116,5	67,7	134,71	29,59
4	Инструментальный цех	2090	48,6	43	0,3	0,6	1,33	627	836,00	1,18	739,86	836,00	1116,37	1698,16
5	Водо-насосная станция	1610	230,0	7	0,65	0,8	0,75	1046,5	784,88	1,27	1329,06	863,36	1584,86	2410,80
6	Котельная	1405	140,5	10	0,6	0,75	0,88	843	743,46	1,26	1062,18	817,80	1340,53	2039,14
7	Центральный склад	12	12,0	1	0,3	0,7	1,02	3,6	3,67	2,24	8,06	4,04	9,02	13,72
8	Склад металлов	10	3,3	3	0,2	0,6	1,33	2	2,67	2,82	5,64	2,93	6,36	9,67
9	Проходная	20	10,0	2	0,2	0,8	0,75	4	3,00	3,04	12,16	3,30	12,60	19,17
10	Столовая	105	5,3	20	0,5	0,7	1,02	52,5	53,56	1,2	63,00	53,56	82,69	125,78
11	Заводуправление	90	45,0	2	0,4	0,7	1,02	36	36,73	2,08	74,88	40,40	85,08	129,42

Продолжение таблицы 2.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
12	Очистные сооружения	375	125,0	3	0,75	0,8	0,75	281,25	210,94	1,2	337,50	232,03	409,57	623,01
13	Цех пластмассовых деталей	1560	156,0	10	0,6	0,7	1,02	936	954,91	1,26	1179,36	1050,40	1579,31	2402,36
14	Электрощитовая	660	38,8	17	0,3	0,8	0,75	198	148,50	1,39	275,22	148,50	312,73	475,70
15	Сварочно-заготовительный цех	1035	60,9	17	0,4	0,6	1,33	414	552,00	1,27	525,78	552,00	762,33	1159,62
16	Штамповочный цех	3510	50,1	70	0,65	0,8	0,75	2281,5	1711,13	1,07	2441,21	1711,13	2981,18	4534,80
17	Склад комплектующих материалов	13	13,0	1	0,3	0,7	1,02	3,9	3,98	2,3	8,97	4,38	9,98	15,18
18	Склад готовой продукции	10	10,0	1	0,2	0,6	1,33	2	2,67	3,04	6,08	2,93	6,75	10,27
19	Цех ширпотреба	1035	54,5	19	0,6	0,7	1,02	621	633,55	1,16	720,36	633,55	959,32	1459,27
20	Термический цех	1450	65,9	22	0,7	0,8	0,75	1015	761,25	1,1	1116,50	761,25	1351,32	2055,56
21	Центральная заводская лаборатория	225	8,3	27	0,4	0,8	0,75	90	67,50	1,2	108,00	67,50	127,36	193,73
22	Компрессорная	15	7,5	2	0,65	0,8	0,75	9,75	7,31	1,31	12,77	8,04	15,09	22,96
Итого по 0,4 кВ		15913	5,3...23	316	0,54	0,75	0,89	8643,44	7671,06	1,56	10275,81	7946,50	13045,16	19668,24
Нагрузка 6 кВ														
22	Компрессорная	1890,00	630,00	3,00	0,65	0,80	0,75	1228,50	921,38	1,35	1658,48	1013,51	1943,64	2956,56

3 Расчет электрических нагрузок освещения

Расчет электрического освещения всего предприятия произведем в программе Dialux и результаты занесем в таблицу 3.1.

Высота помещений – $h = 3,6\text{м}$

Необходимо рассчитать площади всех помещений

$$S = a \cdot b \quad (3.1)$$

Ремонтно-строительный цех

$$S = 40 \times 70 = 2800 \text{ м}^2$$

Транспортный цех

$$S = 80 \times 65 = 5200 \text{ м}^2$$

Ремонтно-механический цех

$$S = 40 \times 80 = 3200 \text{ м}^2$$

Инструментальный цех

$$S = 30 \times 120 = 3600 \text{ м}^2$$

Водно-насосная станция

$$S = 20 \times 25 = 500 \text{ м}^2$$

Котельная

$$S = 25 \times 130 - 30 \times 5 = 3100 \text{ м}^2$$

Центральный склад

$$S = 20 \times 90 = 1800 \text{ м}^2$$

Склад металлов

$$S = 30 \times 50 = 1500 \text{ м}^2$$

Проходная

$$S = 25 \times 15 = 375 \text{ м}^2$$

Столовая

$$S = 40 \times 30 = 1200 \text{ м}^2$$

Заводоуправление

$$S = 20 \times 60 - 5 \times 15 = 1125 \text{ м}^2$$

Очистные сооружения

$$S = 20 \times 25 = 500 \text{ м}^2$$

Цех пластмассовых деталей

$$S = 50 \times 75 = 3750 \text{ м}^2$$

Электроцех

$$S = 40 \times 70 = 2800 \text{ м}^2$$

Сварочно-заготовительный цех

$$S = 45 \times 80 = 3600 \text{ м}^2$$

Штамповочный цех

$$S = 45 \times 80 = 3600 \text{ м}^2$$

Склад комплектующих материалов

$$S = 45 \times 30 = 1350 \text{ м}^2$$

Склад готовой продукции

$$S = 35 \times 30 = 1050 \text{ м}^2$$

Цех ширпотреба

$$S = 95 \times 55 = 5225 \text{ м}^2$$

Термический цех

$$S = 50 \times 80 = 4000 \text{ м}^2$$

Центральная заводская лаборатория

$$S = 20 \times 25 = 500 \text{ м}^2$$

Компрессорная

$$S = 35 \times 25 = 875 \text{ м}^2$$

Таблица 3.1 – Искусственное освещение предприятия

№	Помещение	S, м ²	h, м	P _н кВт	Кол- во	P _н Σ, кВт	E _{ср.р.} , Лк	E _{ср.норм.} , Лк
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Ремонтно- строительный цех	2800	3,6	0,116	195	22,62	300,5	300
2	Транспортный цех	5200	3,6	0,116	300	34,8	260,5	300
3	Ремонтно- механический цех	3200	3,6	0,116	182	21,1	280,5	300
4	Инструментальный цех	3600	3,6	0,116	200	23,2	257,5	300
5	Водно-насосная станция	500	3,2	0,076	35	2,66	169,5	150
6	Котельная	3100	3,2	0,076	120	9,12	144	100
7	Центральный склад	1800	3,6	0,076	84	6,4	129,5	100
8	Склад металлов	1500	3,6	0,076	72	5,5	125,5	100
9	Проходная	375	3,2	0,072	24	1,7	165	150
10	Столовая	1200	3,2	0,076	120	9,12	216,5	200
11	Заводоуправление	1125	3,2	0,072	143	10,3	270	300
12	Очистные сооружения	500	3,6	0,076	35	2,7	149	150

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
13	Цех пластмассовых деталей	3750	3,6	0,116	216	25,1	250,5	300
14	Электроцех	2800	3,6	0,116	176	20,4	271	300
15	Сварочно- заготовительный цех	3600	3,6	0,116	247	28,7	293	300
16	Штамповочный цех	3600	3,6	0,116	247	28,7	293	300
17	Склад комплектующих материалов	1350	3,6	0,076	63	4,8	122	100
18	Склад готовой продукции	1050	3,6	0,076	48	3,6	119	100
19	Цех ширпотреба	5225	3,6	0,116	300	34,8	265,5	300
20	Термический цех	4000	3,6	0,116	240	27,8	264	300
21	Центральная заводская лаборатория	500	3,2	0,072	110	7,9	497,5	500
22	Компрессорная	875	3,6	0,076	63	4,8	158	150

4 Выбор числа и мощности цеховых трансформаторов КТП

Цеховые комплектные трансформаторные подстанции номинальным напряжением 6/0,4 кВ комплектуются одним или двумя трансформаторами, мощностью до 2500 кВ·А. Комплектные ТП подключаются к источнику питания, в соответствии с нормативными документами, по следующим схемам:

1. Схема блок линия-трансформатор. При подключении по подобной схеме, используется глухое соединение трансформатора к питающей линии. Данный вариант присоединения используется при радиальной схеме распределительной сети 6 кВ;
2. Шкаф ввода со стороны высокого напряжения 6 кВ. В данном шкафу устанавливается выключатель нагрузки и предохранитель. Применение такой схемы возможно в случае питания КТП по схеме, именуемой магистральной схемой электроснабжения.

Кроме того, коммутационные аппараты на вводе необходимо устанавливать в случаях, которые указаны далее:

- при осуществлении питания от пункта, находящегося под ответственностью другой эксплуатирующей организации;
- когда удаление КТП от пункта питания более 3-5 километров;
- при питании от ВЛ;
- если коммутационный аппарат необходим по условиям защиты.

Схема РУ низкого напряжения также может быть выполнена по следующим представленным вариантам:

1. магистральная схема, которая представляет из себя шинопровод подключающийся непосредственно к трансформатору через автомат, который, при аварии, обеспечивает мгновенное отключение магистрали от общей сети;
2. радиальная схема представляет собой отдельные приемники электроэнергии, мощностью более 100 кВт, распределительные пункты,

ЩСУ через автоматические выключатели, подключающиеся к РУ низкого напряжения КТП. В этом случае распределительное устройство низкого напряжения выполняется из ячеек различного назначения: вводных, линейных и секционных.

В сетях напряжением 0,4 кВ, при наличии потребителей электроэнергии первой категории надёжности электроснабжения, предусматривается установка АВР (автоматического ввода резерва) на секционном автомате. При этом, секционный автомат, в нормальном режиме работы системы, находится в выключенном состоянии.

Размеры трансформаторов, зависящие от их номинальной мощности, наличие шкафов ввода высокого напряжения, количество распределительных шкафов низкого напряжения и размеры проходов для специального обслуживания, являются определяющими факторами для размеров самой комплектной трансформаторной подстанции.

Плотность электрической нагрузки группы цехов определяется по следующей формуле:

$$\sigma = \frac{S_p}{F_{ц}}, \quad (4.1)$$

где S_p – полная расчетная электрическая нагрузка группы цехов, $F_{ц}$ - площади группы цехов.

Величина плотности σ рассчитывается в таком предположении, что электрические нагрузки распределены равномерно относительно всей площади цеха.

Расчёт для первой группы цехов (ремонтно-строительный, транспортный, ремонтно-механический и инструментальный цеха):

$$\sigma = \frac{744,29 + 157,98 + 134,71 + 1116,37}{2800 + 5200 + 3200 + 3600} = 0,145.$$

Мощность трансформаторов КТП определяется по следующей формуле:

$$S_T = \frac{P_p}{K_3 \cdot N_T}, \quad (4.2)$$

где P_p активная расчетная нагрузка цеха или группы цехов, кВт; N_T число трансформаторов подстанции, нормируемое ПУЭ [1]; K_3 - коэффициент загрузки трансформаторов, определяющийся в соответствии с категорией надёжности электроснабжения; в данном случае коэффициент загрузки равен 0,65.

Произведём расчёт для группы цехов по формуле (4.2):

$$S_T = \frac{582,75 + 132,72 + 116,5 + 739,86}{0,65 \cdot 2} = 1047,89 \text{ кВА.}$$

Выбираем 2КТП-ТК 1250 кВА. Рисунок 4.1 иллюстрирует внешний вид данной подстанции. Силовыми трансформаторами для электроснабжения указанной группы цехов выбираются ТМГ-1250. Как и сами КТП, оборудование выбирается по каталогу производителя ООО «Трансформатор-Энергум».

Расположение КТП выбираем, по возможности, как можно ближе к ЦЭН цехов, но, при этом, необходимо учесть, что избранное расположение не должно быть помехой технологическому процессу.

По аналогии, произведём расчёты для остальных цехов. Результаты расчётов сводим в таблицу 4.1.

Таблица 4.1 – Ведомость комплектных трансформаторных подстанций на предприятии.

№ цеха	Номер ТП	σ , кВА/м ²	F , м ²	P_p ЭП, кВт	Категория надёжности электроснабжения	Расчётная мощность силовых трансформаторов КТП, кВА	Принято к установке		
							Номинальная мощность трансформаторов, кВА	Количество трансформаторов, шт	Количество КТП, шт
1+2+3+4	1	0,145	148000	1571,8	3,1	1047,89	1250	2	1
5+6	2	0,813	3600	2391,24	2	1708	2000	2	1
7+8+9 +10	3	0,023	4875	88,86	3	98,7	100	1	1
11+12+13	4	0,386	5375	1591,98	3,1	1224,6	1600	2	1
14+15+16	5	0,406	10000	3242,21	2,1	2494,0	2500	2	1
17+18+19 +20	6	0,2	11625	1851,91	3	1949,4	2000	1	1
21+22	7	1,517	1375	1779,25	2	1186,2	1250	2	1

5 Выбор кабелей питания цеховых трансформаторных подстанций

Выбор питающих кабелей выполняется по выражению:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}, \quad (5.1)$$

где S_p - расчетная полная мощность ТП, кВА; $U_{ном}$ - номинальное напряжения питающей линии, кВ.

Выполним расчет для трансформаторных подстанций согласно таблице 4.1.

Для ТП №1:

$$I_p = \frac{S_{p-ТП1}}{\sqrt{3} \cdot 6} = \frac{1047,89}{\sqrt{3} \cdot 6} = 100,8(A),$$

Для ТП №2:

$$I_p = \frac{S_{p-ТП2}}{\sqrt{3} \cdot 6} = \frac{1708}{10,39} = 164,3(A),$$

Для ТП №3:

$$I_p = \frac{S_{p-ТП3}}{\sqrt{3} \cdot 6} = \frac{98,7}{10,39} = 9,43(A),$$

Для ТП №4:

$$I_p = \frac{S_{p-ТП4}}{\sqrt{3} \cdot 6} = \frac{1224,6}{10,39} = 117,86(A),$$

Для ТП №5:

$$I_p = \frac{S_{p_ТП5}}{\sqrt{3} \cdot 6} = \frac{2494}{10,39} = 240,03 (A),$$

Для ТП №6:

$$I_p = \frac{S_{p_ТП6}}{\sqrt{3} \cdot 6} = \frac{1949,4}{10,39} = 187,62 (A),$$

Для ТП №7:

$$I_p = \frac{S_{p_ТП7}}{\sqrt{3} \cdot 6} = \frac{1186,2}{10,39} = 114,16 (A).$$

Согласно ПУЭ и значениям расчетных токов, выберем питающие кабели цеховых ТП, выбор кабелей сведем таблицу 5.5.

Таблица 5.2 – Выбор кабелей цеховых трансформаторных подстанций

№ цеховой ТП	S _p , кВА	I _p , А	Выбранный кабель
1	2	3	4
ТП 1	1047,89	100,8	АСБ 3x10
ТП2	1708	164,3	АСБ 3x10
ТП3	98,7	9,43	АСБ 3x10
ТП4	1224,6	117,86	АСБ 3x25
ТП5	2494	240,03	АСБ 3x70
ТП6	1949,4	187,62	АСБ 3x95
ТП7	1186,2	114,16	АСБ 3x50

6 Расчет нагрузок главной понизительной подстанции

Определение мощности потребителей электрической энергии является наиболее значимой задачей при проектировании трансформаторной понизительной подстанции, на основе знания которой производятся дальнейшие расчеты.

Путем анализа годовых графиков нагрузки потребителей, которые подключены к шине низкого напряжения подстанции определяется нагрузка. Далее, на основе данных о значениях максимальной нагрузки и коэффициента мощности, которые предоставляются заказчиком, в нашем же варианте они указаны в задании определяем годовое электропотребление отдельных потребителей:

Автозавод:

$$P = 12,271 \text{ МВт.}$$

$$W_{\Pi} = \sum_{i=1}^n P_{in} t \cdot t_{in}$$

$$W_{\Pi 1} = 12,271 \cdot 1 \cdot 1 + 0,9 \cdot 1 + 0,75 \cdot 2,5 + 0,65 \cdot 2,76 \cdot 10^3$$

$$W_{\Pi} = 68337,199 \text{ МВт} \cdot \text{ч}$$

Сторонние потребители:

$$P = 21,178 \text{ МВт.}$$

$$W_n = \sum_{i=1}^n P_{in} t \cdot t_{in}$$

$$W_{\Pi 2} = 21,178 \cdot 1 \cdot 1 + 0,75 \cdot 3 + 0,8 \cdot 2 + 0,35 \cdot 1,76 \cdot 10^3$$

$$W_{\Pi} = 115758,948 \text{ МВт} \cdot \text{ч}$$

Для подстанции в целом:

$$W_{\text{ПС}} = W_{\text{П1}} + W_{\text{П2}} = 68337,199 + 115758,948 = 184096,147 \text{ МВт} \cdot \text{ч}$$

$$S_{\text{maxПС}} = S_{\text{max in i}}$$

$$S_{\text{maxПС}} = 14988,8 + 22091,5 = 37080,3.$$

Определяем промежуток времени, в течение которого годовая нагрузка ПС максимальна:

$$T_{\text{М}} = \frac{W_{\text{ПС}}}{P_{\text{max ПС}}} = \frac{184096,147}{12,271 + 21,178} = 5504 \text{ ч.}$$

Далее рассчитаем коэффициент заполнения графика нагрузки ПС:

$$K_{\text{зап}} = \frac{T_{\text{М}}}{8760} = \frac{5504}{8760} = 0,628$$

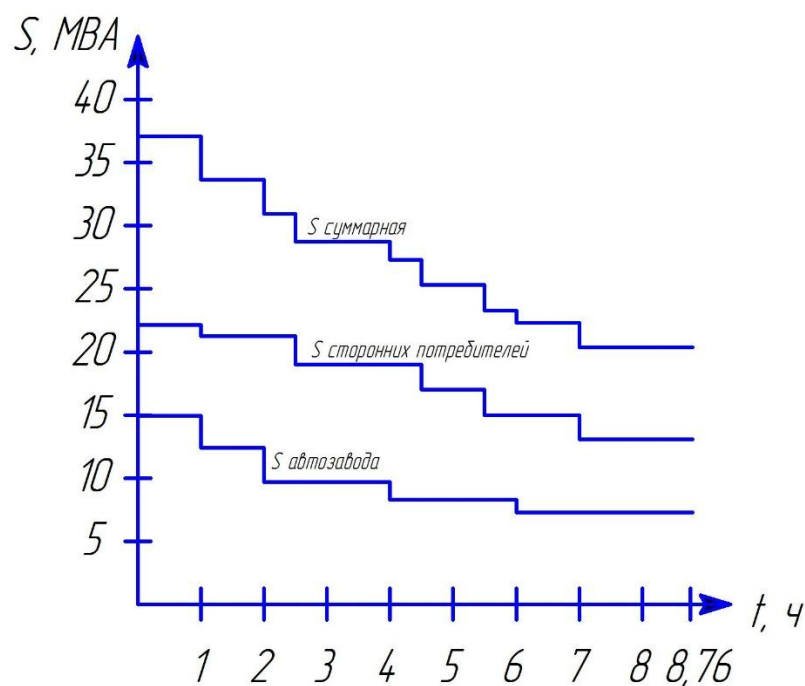


Рисунок 6.1 – Годовые графики нагрузок автозавода, сторонних потребителей и суммарной нагрузки по главной понизительной подстанции

7 Выбор типа, числа и мощности трансформаторов главной понизительной подстанции

Нормально, схемой и режимом работы данной электрической сети должны исключаться перегрузки по напряжению силового трансформатора, но также и защитными устройствами и автоматикой. Поэтому, обыкновенно, рассматривается возможность допустимых перегрузок по току или по мощности в условиях, когда изменяется температура охлаждающей среды.

Свойство нести нагрузку выше номинальной в условиях эксплуатации, температурой охлаждающей среды и определяемых предварительной нагрузкой понимают под нагрузочной способностью силового трансформатора.

Низкое напряжение ГПП принимаем равным 6 кВ.

По представленной ниже формуле (6.1) определяется значение величины рационального напряжения:

$$U_{\text{рац } i} = 4,34 \cdot \sqrt{L_i + 0,016 \cdot P_{\text{РП}}}, \quad (7.1)$$

где L_i – является значением длины питающей линии; $P_{\text{РП}}$ – расчетной нагрузкой предприятия на стороне НН ГПП.

Произведём расчёт по представленной формуле для вычисления значения рационального напряжения:

$$U_{\text{рац } i} = 4,34 \cdot \sqrt{6 + 0,016 \cdot 12270,11} = 61,7 \text{ кВ.}$$

Далее, в соответствии с методикой расчёта, происходит определение расчетной максимальной нагрузки предприятия:

$$P_{\text{РП}} = P_{\text{РН}} + P_{\text{РВ}} + P_{\text{ОСВ}}, \quad (7.2)$$

где P_{PH} является расчетной активной нагрузкой низковольтных ЭП цехов предприятия и сторонних потребителей; P_{PB} – это расчётная нагрузка высоковольтных электроприёмников цехов предприятия, а P_{OCB} расчётная нагрузка искусственного освещения предприятия, как цехового, так и наружного.

$$P_{PP} = 10275,81 + 1658,48 + 335,82 = 12270,11 \text{ кВт.}$$

Следующим действием, соблюдая методику расчёта, мы производим вычисление полной расчётной нагрузки по всему предприятию, необходимую для осуществления выбора силовых трансформаторов на главной понизительной подстанции по следующей формуле (7.3):

$$S_{PPi} = \sqrt{P_{PP}^2 + Q_{ЭCi}^2}, \quad (7.3)$$

где $Q_{ЭCi}$ представляет из себя такое целесообразное значение, в экономическом плане, реактивной мощности на стороне ВН ГПП, потребляемая рассматриваемым предприятием из ЭС.

$$S_{PPi} = \sqrt{12270,11^2 + 1,684^2} = 12,271 \text{ МВА.}$$

На предприятии имеются потребители I категории по надежности электроснабжения, поэтому к установке принимаем 2 силовых трансформатора. С учетом 40% перегрузки в послеаварийном режиме, при учете коэффициента участия потребителей I категории определяем мощность силового трансформатора:

$$S_{НОМ} = K_{1-2} \cdot S_{\max \text{ ПС}} \cdot \frac{1}{1,4}. \quad (7.3)$$

$$S_{\text{НОМ}} = 0,8 \cdot 12,271 \cdot \frac{1}{1,4} = 7,05 \text{ МВА.}$$

Далее необходимо ввести рассмотрение различных вариантов комплектования главной понизительной подстанции.

Рассмотрим вариант с трансформаторами ТДН- 10000/110/10.

Таблица 7.4 – Паспортные данные, выбранные из каталогов силового трансформатора ТДН 10000/110

Маркировка тр-ра	$S_{\text{НОМ}}$, МВА	Паспортные данные						
		$U_{\text{НОМ}}$, кВ		$U_{\text{к}}$, %	$\Delta P_{\text{кз}}$, кВт	ΔP_{xx} , кВт	I_{xx} , %	Цена, руб
		ВН	НН					
ТДН- 10000/110	10	115	10,5	10,5	58	14	0,9	8500000

Производим определение приведённых потерь активной мощности в стали ТДН-10000/110 на холостом ходу:

$$\Delta P'_{\text{xx}} = \Delta P_{\text{xx}} + K_{\text{ип}} \cdot \Delta Q_{\text{xx}}, \quad (7.4)$$

где $\Delta Q_{\text{xx}} = \frac{I_{\text{xx}} \cdot S_{\text{НОМ}}}{100}$, $K_{\text{ип}} = 0,05$ кВт/квар.

$$\Delta Q_{\text{xx}} = \frac{0,9 \cdot 10000}{100} = 90 \text{ квар.}$$

$$\Delta P'_{\text{xx}} = 14 + 0,05 \cdot 90 = 18,5 \text{ кВт.}$$

Далее определяем приведенные нагрузочные потери мощности силового трансформатора:

$$\Delta Q_{\text{кз}} = \frac{U_{\text{к}} \cdot S_{\text{НОМ}}}{100}. \quad (7.5)$$

$$\Delta Q_{кз} = \frac{10,5 \cdot 10000}{100} = 1050 \text{ квар.}$$

$$\Delta P'_{кз} = \Delta P_{кз} + K_{ип} \cdot \Delta Q_{кз};$$

$$\Delta P'_{кз} = 58 + 0,05 \cdot 1050 = 110,5 \text{ кВт.}$$

Далее рассчитаем коэффициент загрузки трансформатора:

$$K_3 = \frac{S_{нагр}}{S_{ном Т}} = \frac{14,988}{10 \cdot 2} = 0,7494. \quad (7.6)$$

По формуле (7.7) определяем приведённые потери активной мощности:

$$P_T^2 = \Delta P'_{xx} + K_3^2 \cdot \Delta P'_{кз}; \quad (7.7)$$

$$P_T^2 = 18,5 + 0,794^2 \cdot 110,5 = 88,2 \text{ кВт.}$$

Графики нагрузок, представленные на рисунке 6.1 в предыдущем пункте данной работы, позволяют найти потери электроэнергии в ТДН-10000/110:

$$\Delta W = n_i \cdot \Delta P'_{xx} \cdot T_i + \frac{1}{n_i} \cdot K_{зв}^2 \cdot \Delta P'_{кз} \cdot T_i. \quad (7.8)$$

Сведём результаты расчётов в таблицу 7.6.

Таблица 7.6 – Электрические потери в силовых трансформаторах марки ТДН- 10000/110/6

i	S _{Bi} ,	T _i , ч	KзBi	ΔW _{xi} , кВт·ч	ΔW _{к,Bi} , кВт·ч
1	14,99	1000	0,75	37000	98290,063
2	12,32	1000	0,62	37000	66371,687
3	9,85	2000	0,49	74000	84956,408
4	8,25	2000	0,4	74000	59550,251
5	7,4	2760	0,37	102120	66408,524
ΣΔW _{xi} = 325100		Σ ΔW _{к,Bi} =375726,933			

На основании рисунка 6.1 в соответствии с величиной нагрузок определяются затраты на потери электроэнергии в ТДН-110/10 на ГПП:

$$I_{\Delta W_{\text{ПС}}} = W_x + \Delta W_k \cdot C; \quad (7.9)$$

где $C=1,5$ руб/кВт ч – установленная стоимость электроэнергии 1кВт ч.

$$I_{\Delta W_{\text{ПС}}} = 324100 + 375626,933 \cdot 1,5 = 1049690,4 \text{ руб.}$$

Приведённые затраты на определяем по формуле (6.10):

$$Z_{\text{пр}} = E_H \cdot K + И = E_H \cdot K + И_э + I_{\Delta W_{\text{ПС}}}, \quad (7.10)$$

где E_H нормируемый коэффициент капиталовложений; K – капитальные затраты на оборудование подстанции; $И_э = P_{\text{сум}} \cdot K$ – эксплуатационные затраты.

$$Z_{\text{пр}} = 0,15 \cdot 2 \cdot 8500000 + 0,094 \cdot 850000 + 1049690,4 = 3679590,4 \text{ руб.}$$

После этого рассмотрим вариант с силовым трансформатором ТДН - 16000/110/6.

Таблица 7.7 – Паспортные данные силового трансформатора ТДН 16000/110

Марка тр-ра	$S_{\text{ном}}$, МВА	Паспортные данные						
		$U_{\text{ном}}$, кВ		U_k , %	$\Delta P_{\text{кз}}$, кВт	ΔP_{xx} , кВт	I_{xx} , %	Цена, руб
		ВН	НН					
ТДН-16000/110	16	115	10,5	10,5	85	18	0,7	11000000

Производим определение приведённых потерь активной мощности в стали ТДН-16000/110 на холостом ходу:

$$\Delta P'_{\text{xx}} = \Delta P_{\text{xx}} + K_{\text{ип}} \cdot \Delta Q_{\text{xx}}, \quad (7.11)$$

где $\Delta Q_{xx} = \frac{I_{xx} \cdot S_{ном}}{100}$, $K_{ип} = 0,05$ кВт/квар.

$$\Delta Q_{xx} = \frac{0,7 \cdot 16000}{100} = 112 \text{ квар.}$$

$$\Delta P'_{xx} = 18 + 0,05 \cdot 112 = 23,6 \text{ кВт.}$$

Далее определяем приведенные нагрузочные потери мощности силового трансформатора:

$$\Delta Q_{кз} = \frac{U_k \cdot S_{ном}}{100}; \quad (7.12)$$

$$\Delta Q_{кз} = \frac{10,5 \cdot 16000}{100} = 1680 \text{ квар.}$$

$$\Delta P'_{кз} = \Delta P_{кз} + K_{ип} \cdot \Delta Q_{кз}; \quad (7.13)$$

$$\Delta P'_{кз} = 85 + 0,05 \cdot 1680 = 169 \text{ кВт.}$$

Далее рассчитаем коэффициент загрузки трансформатора:

$$K_3 = \frac{S_{нагр}}{S_{ном Т}} = \frac{14,988}{16 \cdot 2} = 0,4685. \quad (7.14)$$

По формуле (6.15) определяем приведённые потери активной мощности:

$$P_T^2 = \Delta P'_{xx} + K_3^2 \cdot \Delta P'_{кз}; \quad (7.15)$$

$$P_T^2 = 23,6 + 0,468^2 \cdot 169 = 60,6 \text{ кВт.}$$

Графики нагрузок, представленные на рисунке 6.1 в предыдущем пункте данной работы, позволяют найти потери электроэнергии в ТДН-16000/110:

$$\Delta W = n_i \cdot \Delta P'_{xx} \cdot T_i + \frac{1}{n_i} \cdot K_{3B}^2 \cdot \Delta P'_{кз} \cdot T_i; \quad (7.16)$$

Сведём результаты расчётов в таблицу 7.8.

Таблица 7.8 – Электрические потери в силовом трансформаторе ТДН-16000/110/6

i	S _{Bi} , МВА	T _i , ч	K _{3Bi}	ΔW _{xi} , кВт·ч	ΔW _{к,Bi} , кВт·ч
1	14,088	1000	0,478	37000	38380,650
2	12,216	1000	0,384	37000	25942,534
3	9,833	2000	0,318	74000	33132,191
4	8,249	2000	0,238	74000	23267,910
5	7,421	2760	0,252	102220	25985,986
ΣΔW _{xi} = 321100		Σ ΔW _{к,Bi} =148729,271			

На основании рисунка 6.1 в соответствии с величиной нагрузок определяются затраты на потери электроэнергии в ТДН-16000/110/10 на ГПП:

$$I_{\Delta W \text{ ПС}} = W_x + \Delta W_k \cdot C, \quad (7.17)$$

где C=1,5 руб/кВт ч – установленная стоимость электроэнергии 1кВт ч.

$$I_{\Delta W \text{ ПС}} = 324100 + 146729,271 \cdot 1,5 = 705568,906 \text{ руб.}$$

Далее определяем приведенные затраты по формуле:

$$Z_{\text{пр}} = E_H \cdot K + И = E_H \cdot K + И_э + И_{\Delta W \text{ ПС}}; \quad (7.18)$$

где E_H нормируемый коэффициент капиталовложений; K – капитальные затраты на оборудование подстанции; И_э = P_{сум} · K – эксплуатационные затраты.

$$\begin{aligned} Z_{\text{пр}} &= 0,15 \cdot 2 \cdot 11000000 + 0,094 \cdot 1100000 + 705568,906 \\ &= 4108968,91 \text{ руб.} \end{aligned}$$

В соответствии с результатами расчётов, следует принять решение о выборе комплектации ГПП. Исходя из того, что затраты на установку трансформаторов ТДН-16000/110/6 кВ оказались больше, нежели затраты на установку ТДН-10000/110/6 кВ, выбираем к установке последние трансформаторы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В представленной выпускной квалификационной работе проектированию подверглась система электроснабжения производства пластмасс автозавода, находящегося на территории средней Волги. Суммарная расчетная нагрузка завода с учетом освещения составляет 14,271 МВА, а расчетный ток $I_p = 22,6$ кА. На основании расчетных нагрузок силового оборудования и освещения были выбраны цеховые комплектные трансформаторные подстанции типа КТП-ТК.

В ходе работы были произведены следующие исследования:

1 Определение электрических нагрузок. В свою очередь которые необходимы для выбора трансформатора и коммутационного оборудования трансформаторных подстанций, выбора сечений кабелей питающих сетей и т.д.

2 Расчет нагрузок ремонтно-механического цеха, в ходе которого было вычислено значение эффективного числа электроприемников, равного $n_э = 22$. А так же были рассчитаны активная, реактивная и полная мощности. При коэффициенте максимума равном 1.

3 Расчет нагрузок предприятия. При котором были получены значения реактивной нагрузки $Q_p = 463,01$ квар. Затем была рассчитана полная расчетная нагрузка.

4 Расчет электрических нагрузок освещения. В данном пункте было необходимо рассчитать площади всех помещений автозавода, а затем выбрано искусственное освещение предприятия.

5 Расчет числа и мощности цеховых трансформаторов комплектных трансформаторных подстанций. В ходе данных исследований была создана ведомость комплектных трансформаторных подстанций для предприятия.

6 Выбор кабелей питания цеховых трансформаторных подстанций для ТП1-ТП7. Затем, согласно ПУЭ были выбраны кабели цеховых трансформаторных подстанций.

7 Расчет нагрузок главной понизительной подстанции. Путем анализа годовых графиков нагрузки потребителей, подключенных к шине низкого напряжения подстанции, была определена нагрузка. Согласно заданию было определено годовое электропотребление отдельных потребителей. А именно, автозавода, сторонних потребителей, подстанции в целом. В следствии чего был создан график годовых нагрузок автозавода, сторонних потребителей, суммарной нагрузки по главной понизительной подстанции.

8 Выбор типа, числа, мощности трансформаторов главной понизительной подстанции. В данном пункте были произведены следующие расчеты: вычисление значения величины рационального напряжения, расчетной максимальной нагрузки предприятия, полной расчетной нагрузки по предприятию, определение приведенных потерь активной мощности в стали ТДН-10000/110 на холостом ходу, определение приведенные нагрузочные потери мощности силового трансформатора, рассчитан коэффициент загрузки трансформатора, приведенные затраты.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Правила устройства электроустановок в вопросах и ответах. Раздел 4. Распределительные устройства и подстанции. М.: НЦ ЭНАС, 2009. 591 с.
2. Справочник по проектированию электрических сетей / под ред. Д.Л. Файбисовича. М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2009. 392 с.
3. Шеховцов В. П. Аппараты защиты в электрических сетях низкого напряжения. М.: Форум, 2010. 160 с.
4. Рожин А.Н., Бакшаева Н. С. Внутрицеховое электроснабжение: учеб. пособие для выполнения курсового и дипломного проектов. Вятский гос. ун-т, Электротех. фак., Каф. электроснабжения. Гриф УМО; ВУЗ/изд. Киров : Изд-во ВятГУ, 2006. 259 с.
5. Луизов А. В. Цвет и свет. М.: Энергоатомиздат. Ленинградское отделение, 2014. 256 с.
6. Назарычев А.Н. Справочник инженера по наладке, совершенствованию технологии и эксплуатации электрических станций и сетей. Централизованное и автономное электроснабжение объектов, цехов, промыслов, предприятий и промышленных комплексов. Вологда: Инфра-Инженерия, 2006. 928 с.
7. Плащанский Л.А. Электроснабжение горного производства. Релейная защита. Вологда: Инфра-Инженерия, 2013. 299 с.
8. Яхонтова О. В., Валенкевич Л. Н., Рутгайзер Я. Я. Электроснабжение и электропотребление в строительстве: Учебное пособие. СПб.: Лань, 2012. 512 с.
9. Щербаков Е. Ф., Александров Д. С., Дубов. А. Л. Электроснабжение и электропотребление в строительстве: Учебное пособие. СПб.: Лань, 2012. 303 с.
10. Забродин Ю.С. Промышленная электроника. М.: Альянс, 2014. 496 с.

11. Анчарова Т.В., Рашевская М. А., Стебунова Е. Д. Электроснабжение и электрооборудование зданий и сооружений. Учебник. Москва: Форум, 2014.
12. Филиппов А. С. Ремонт и монтаж кабельных линий. В 2 частях. Часть 1 М.: Техноперспектива, 2016. 376 с. 13. Иньков Ю.М., Петленко Б. И., Крашенников А. В. Электротехника и электроника: Учебник для студентов учреждений среднего профессионального образования. М.: ИЦ Академия, 2013. 368 с.
14. Колистратов М.В., Шапошникова Л. А. Электротехника и электроника: электротехника на оборудовании National Instruments: Лабораторный практикум. М.: ИД МИСиС, 2012. 79 с.
15. Кузовкин В.А., Филатов В. В. Электротехника и электроника: Учебник для бакалавров. Люберцы: Юрайт, 2016. 431 с.
16. Кучумов А.И. Электроника и схемотехника: Учебное пособие. М.: Гелиос АРВ, 2011. 336 с.
17. Прянишников В.А. Электроника. Полный курс лекций: Учебник. СПб.: Корона-Век, 2010. 416 с.
18. Smart Grid Communication Infrastructures: Big Data, Cloud Computing, and Security Wiley-IEEE Press 2017.
19. Electric Distribution Network Planning: Farhad Shahnian, Ali Arefi, Gerard Ledwich Power Systems 2014
20. Zhang P., Li F., Bhatt N. Next-Generation Monitoring, Analysis, and Control for the Future Smart Control. Smart Grid, IEEE Transactions on, pp. 186 – 192, Volume 1, Issue 2, 2010.
21. James G., Biddle Co. A Manual on Ground Resistance Testing. Philadelphia. Electrical & Scientific, 1998.
22. Eric H. Glendinning., Electrical engineering, 2007.