

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

Институт химии и энергетики
(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»
(наименование)

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
(код и наименование направления подготовки, специальности)
Электроснабжение
(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему «Повышение энергоэффективности предприятия ООО
ВолгаГофроПак+» при проведении энергоаудита»

Студент

Н.А. Саликов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., А.Е. Бурмутаев

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

Тольятти 2020

Аннотация

В выпускной квалификационной работе проведено энергетическое обследование ООО «ВолгаГофроПак+». Результаты проведенного исследования показывают текущий уровень электрического потребления, уровень состояния электрического оборудования, резервы энергетического сбережения и мероприятия по их реализации.

Основание проведения энергетического аудита:

- Федеральный закон РФ № 261 от 23.11.2009 «Об энергосбережении и о повышении энергоэффективности ...».
- Приказ Минпромэнерго РФ № 262 от 28.05.10 «О требованиях энергетической эффективности зданий, строений, сооружений».
- Приказ Минпромэнерго РФ № 141 от 04.07.06 «Об утверждении рекомендаций по проведению энергетических обследований (энергоаудита)».
- Приказ Минпромэнерго РФ № 182 от 19.04.10 «Об утверждении требований к энергетическому паспорту, составленному по результатам обязательного энергетического обследования ...».

В процессе исследования собрана, проанализирована, оценена следующая информация:

- фактическое потребление электроэнергии за базовый год и финансовые траты на оплату, базовый период принят 2019 год;
- установленные мощности всех электрических приемников, режимы работы, характеристики основного энергетического оборудования;
- нормативно-расчетное потребление энергоресурсов (энергетические балансы).

Для анализа всех основных технологических параметров оказывающих влияние на потребление энергетических ресурсов, в ходе исследований использовались данные измерений полученные установленными на объекте стационарными, а также переносными приборами.

«Цель работы – повышение энергоэффективности системы электроснабжения объекта за счет улучшения качества электрической энергии в точке присоединения к электрической сети и снижения затрат на электрическую энергию, повышение энергоэффективности системы электроснабжения. Задачи работы: анализ системы электроснабжения объекта, разработка мероприятий по повышению энергоэффективности системы электроснабжения предприятия; технико-экономическое обоснование принятых решений» [3].

Пояснительная записка выполнена на 48 стр. и содержит 12 таблиц, 18 рисунков. Графический материал представлен на 6 листах формата А1:

- Лист 1 Генеральный план предприятия
- Лист 2 Электрическая схема КТП35/0.4
- Лист 3 Чертеж в разрезе КТП35/0,4
- Лист 4 Чертеж трансформатора ТГМ 2500
- Лист 5 Полная электрическая схема предприятия
- Лист 6 Чертеж проекта молниезащиты и заземления

Содержание

Введение.....	5
1. Анализ системы электроснабжения.....	7
2. Установленная мощность электроприемников	8
2.1 Установленная мощность установок освещения.....	11
2.2 Используемые световые установки	11
3. Анализ электропотребления	15
3.1 Учет и измерение электроэнергии	15
3.1 Результаты инструментального обследования качества электрической энергии	15
3.2 Структура электрических мощностей объекта.....	18
4. Анализ системы внутреннего освещения.....	20
5. Составление баланса электрической энергии.....	24
5.1 Выводы по потреблению электрической энергии.....	25
6. Разработка мероприятий по повышению энергоэффективности в электрических сетях объекта	27
6.1 Реконструкция системы внутреннего освещения объекта.....	27
6.2 Расчет экономической эффективности от внедрения мероприятия ...	30
7. Реконструкция системы электроснабжения.....	32
7.1 Определение электрических нагрузок.....	32
7.2 Выбор электрооборудования схемы электроснабжения	35
7.1 Выводы по реконструкции	40
8. Проект молниезащиты и заземления	42
8.1 Расчет молниезащиты.....	42
9.2 Расчет сопротивления заземляющего устройства	44
Заключение.....	47
Список используемых источников.....	48

Введение

ООО «ВолгаГофроПак+» (далее объект), является самым современным предприятием по производству гофрированного картона и изделий из него. Короба, лотки, листы, прокладки любых типов и размеров (рисунок 1.1) в Поволжье. Производственная мощность предприятия составляет более 120 млн. м² гофрированных изделий в год.

Обследуемый объект территориально располагается в г. Тольятти Самарской области по адресу ул. Коммунистическая 101А, в непосредственной близости от федеральной трассы М5 («Москва-Челябинск»), что позволяет минимизировать время на логистику и поставлять нашу продукцию по всей России в кратчайшие сроки [23].

Географические координаты объекта:

53.479430 в. д.

49.493196 с. ш.



Рисунок 1.1 - Продукция производимая ООО «ВолгаГофроПак+»

Целью данной работы является проведение энергетического обследования объекта.

В соответствии с поставленной целью задачами работы являются:

Получение объективных данных об объёме используемых энергетических ресурсов в исследуемом объекте;

- определение показателей энергетической эффективности;

- определение потенциала энергосбережения и повышения энергетической эффективности;

- разработка мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности проведения и их стоимостной оценки.

Также на 2021 год запланировано расширение производства, в процессе которого будет установлена новая линия производства пятислойного гофрированного картона с вспомогательным оборудованием. Необходимо рассмотреть загрузку существующих силовых трансформаторов, в связи этим в рамках данной работы будет рассмотрен вопрос о реконструкции системы электроснабжения КТП35/0,4 и ОРУ-35 на понизительной подстанции “Комсомольская 110/35/10”.

1. Анализ системы электроснабжения

Предприятие запитано от КТП 35/0,4 кВ 2500 кВА, находящейся на балансе ООО «Самарское снабжение» г. Тольятти. Объект относится к 3-й категории, электроснабжение объекта осуществляется по кабельной линии напряжением 0,4 кВ кабелями марки АПвБбШв (8х240). На КТП 35/0,4 установлен один трансформатор типа ТМН; мощность - 2500 кВА; коэффициент загрузки 0,7.

Электроснабжение потребителей объекта осуществляется от распределительных щитов 0,4 кВ типа RAN Block IP31. На отходящих фидерах установлены автоматические выключатели серии Legrand. Отходящие фидеры выполнены кабелями марок АПвБбШв. Сечение и длины кабелей указаны в приложенном чертеже принципиальной схемы формата А1. В проекте объекта используется система заземления TN-C-S, все металлические части электрооборудования заземлены. Используется металлическое соединение с заземляющим проводником согласно ПУЭ п. 1.7.82.

Проектом выполнены не все требования электробезопасности согласно ГОСТ Р 50571, ГОСТ 50669-94[21]. На новом построенном здании склада отсутствует система заземления и молниезащиты. Вся номенклатура применяемых при монтаже электрооборудования и кабельной продукции имеет сертификат соответствия по безопасности.

2. Установленная мощность электроприемников

Исследуемый объект имеет один корпус, в состав которого входит главный цех, склад продукции, три этажа административных помещений и один этаж пристройки. В пристройке расположены различные помещения, среди которых тепловой узел, котельная, компрессорная и вспомогательное помещение.

В главном цеху располагается основное технологическое оборудование – линия изготовления гофрированного картона, четыре линии высечки и печати. Также в цеху имеются двигатели вытяжки, пылеудаления и транспортных линий. Суммарная мощность производственного цеха в 60-70 раз превышает мощности остальных электроприемников в административном корпусе.

Все помещения здания имеют естественное освещение через боковые окна в стенах. Часть вспомогательных помещений здания не имеют доступа к естественному свету и комплектуются средствами искусственного освещения.

В таблице 2.1 представлены перечень электрооборудования объекта, установленные мощности электроприемников.

Таблица 2.1 - Установленные мощности электроприемников

Этаж, узел	Назначение	Наименование оборудования	Кол-во, шт	P_{Σ} , кВт	Ки
1	2	3	4	5	6
	Мастерская	Сверлильный станок	2	1	0,2
		Наждачный станок	1	1	0,2
		Св. аппарат	1	2	0,2
		ТЭН	1	3	0,5
	Плоттерная	Плоттер	1	3	0,6

Продолжение таблицы 2.1

1 Этаж		Компьютер	2	0,3	0,8	
		Эл. Чайник	1	1	0,2	
	Лабораторный Кабинет	Гидравлический стенд	1	1	0,2	
		Стенд испытания	1	1	0,2	
		Компьютер	1	0,3	0,8	
		Эл. весы	1	0,2	0,2	
		Мех. стенд	1	1	0,2	
	Столовая	Холодильник	4	0,2	0,8	
		Микроволновая печь	4	2	0,2	
		Кондиционер	2	0,5	0,5	
		Кофейный автомат	1	0,2	0,5	
	2 Этаж	М. раздевалка	Сушилка	2	3	0,2
		Ж. Раздевалка	Сушилка	2	3	0,2
М. душевая		Водяной ТЭН	2	5	0,2	
Ж. душевая		Водяной ТЭН	2	5	0,2	
Кабинет 1		Компьютер	2	0,3	0,8	
		Кондиционер	1	0,5	0,5	
Кабинет 2		Компьютер	2	0,3	0,8	
		Кондиционер	1	0,5	0,5	
Холл		Компьютер	2	0,3	0,8	
		Кондиционер	1	0,5	0,5	
	Эл. Чайник	1	1	0,2		
3 Этаж	Кабинет 3	Компьютер	2	0,3	0,8	
		Кондиционер	1	0,5	0,5	
	Кабинет 4	Компьютер	2	0,3	0,8	
		Кондиционер	1	0,5	0,5	
	Кабинет 5	Компьютер	2	0,3	0,8	

Продолжение таблицы 2.1

	Холл	Компьютер	2	0,3	0,8
		Кондиционер	1	0,5	0,5
		Кофейный автомат	1	0,3	0,2
	Серверная	ИБП	1	0,5	0,8
		Сервер	1	5	0,9
		Кондиционер	1	0,5	0,5
1 Этаж	Производственный цех	Линия производства 3х гофрированного картона	1	650	0,5
		Линия высечки ТСУ 5	1	110	0,5
		Линия высечки ТСУ 8	1	120	0,5
		Линия высечки ТСУ 9	1	120	0,5
		Линия высечки АСАНИ	1	150	0,5
		Транспортер	16	0,4	15
		Автомат. Тележка	3	0,2	10
		Пылеудалитель	5	120	0,5
		Вентиляция	10	30	0,8
		Упаковочная линия RoboPack	1	30	0,5
		Вспомогательное оборудование	20	1	0,2
		Компьютер	1	0,3	0,2
1 Этаж	Пристройка	Насос	2	20	0,4
		Компрессор	2	110	0,8
		Парогенератор	1	3	0,5

Суммарная активная мощность электроприемников объекта $P_p = 1501,3$ кВт. Реактивная мощность $Q_p = 512$ квар. Общий коэффициент мощности $\cos\varphi = 0,87$; $\operatorname{tg}\varphi = 0,51$ Полная мощность $S_p = 1585$ кВА.

2.1 Установленная мощность установок освещения

В таблице 2.2 приведены назначение, мощность, количество и тип всех используемых установок освещения.

Таблица 2.2 - Установленная мощность установок освещения

Место установки	P_n , Вт	Количество	Тип установки
Производственный цех	240	90	ЛПО 4x60
Административный корпус	40	120	GM A40
Душевые	120	12	ЛСП 2x60
Склад продукции	60	30	Uniel M 60
Суммарная мощность	40000		

Суммарная установленная мощность всех установок освещения – 40 кВт.

2.2 Используемые световые установки

- 1) ЛПО 4x60 Светильник потолочный серии ЛСПО предназначен для общего освещения административных и общественных помещений: магазинов, офисов, лечебных и учебных учреждений, столовых, цехов (рисунок 2.1). Технические характеристики:

-Номинальное рабочее напряжение, В 230

-Номинальная частота, Гц 50

-Мощность, Вт 240

-Степень защиты по ГОСТ 14254-96 IP20

-Тип источника света линейная люминесцентная лампа T8

-Тип цоколя G13

-Класс защиты от поражения электрическим током 1



Рисунок 2.1 - Светильник ЛСПО 4x60.

2) GM A40 светильник потолочный предназначен для общего освещения административных и общественных помещений: магазинов, офисов, лечебных и учебных учреждений, столовых (рисунок 2.2). Технические характеристики:

- Номинальное рабочее напряжение, В 180-230
- Номинальная частота, Гц 50
- Мощность, Вт 40
- Степень защиты по ГОСТ 14254-96 IP34
- Тип источника света светодиод
- Тип цоколя G13
- Класс защиты от поражения электрическим током 1

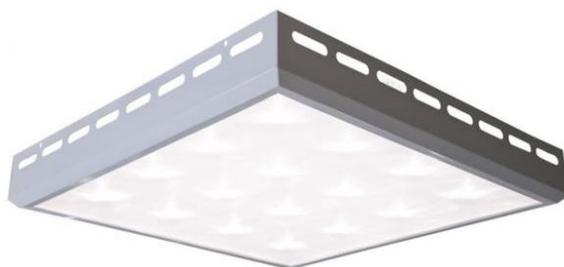


Рисунок 2.2 - Светильник GM A40.

3) ЛСП 2x60 Светильник потолочный серии ЛСП влагозащищенный промышленный люминесцентный светильники ЛСП широко используются для освещения технических и производственных помещений, где высока вероятность появления загрязнений, пыли и влаги (рисунок 2.3). Степень защиты от попадания внешних твердых

предметов и попадания воды IP 68. Установка освещения полностью пыленепроницаемая и может продолжать работать даже погруженным в воду на 1 метр. Выбор такой степени защиты – IP68, обусловлен тем, что данная установка установлена в душевом помещении, имеющее высокую влажность (более 80%) и температуру. Технические характеристики:

- Номинальное рабочее напряжение, В 230
- Номинальная частота, Гц 50
- Мощность, Вт 120
- Степень защиты по ГОСТ 14254-96 IP68
- Тип источника света линейная люминесцентная лампа Т8
- Тип цоколя G13
- Класс защиты от поражения электрическим током 1



Рисунок 2.3 - Светильник ЛСП 2х60.

4) ЛПО 2х60 Светильник потолочный серии ЛПО предназначен для общего освещения административных и общественных помещений: магазинов, офисов, лечебных и учебных учреждений, столовых, цехов (рисунок 2.4). Технические характеристики:

- Номинальное рабочее напряжение, В 230
- Номинальная частота, Гц 50
- Мощность, Вт 120
- Степень защиты по ГОСТ 14254-96 IP20
- Тип источника света линейная люминесцентная лампа Т8
- Тип цоколя G13

-Класс защиты от поражения электрическим током 1



Рисунок 2.4 - Светильник ЛПО 2x60.

- 1) Uniel M 60 Светильник потолочный серии М предназначен для общего освещения административных и общественных помещений: магазинов, офисов, лечебных и учебных учреждений, столовых, цехов, диммируемый, имеет частичную пыле и влагозащищенность (рисунок 2.5). Технические характеристики:

- Номинальное рабочее напряжение, В 230
- Номинальная частота, Гц 50
- Мощность, Вт 60
- Степень защиты по ГОСТ 14254-96 IP55
- Тип источника света светодиод
- Тип цоколя G13
- Класс защиты от поражения электрическим током 1



Рисунок 2.6 – Светильник Uniel M 60

3. Анализ электропотребления

3.1 Учет и измерение электроэнергии

На электрической принципиальной схеме КТП 35 на стороне 35 кВ установлены счетчики активной и реактивной электроэнергии СЭТ-4ТМ (рисунок 3.1), с помощью которых ведется коммерческий учет электроэнергии. Счетчики СЭТ-4ТМ предназначены для измерения и многотарифного учета активной и реактивной электроэнергии (в том числе и с учетом потерь), ведения массивов профиля мощности нагрузки с программируемым временем интегрирования (в том числе и с учетом потерь), фиксации максимумов мощности, измерения параметров трехфазной сети и параметров качества электроэнергии.



Рисунок 3.1 - Счетчик СЭТ-4ТМ

3.1 Результаты инструментального обследования качества электрической энергии

Измерения производились прибором АКЭ 824, заводской номер 101013569. Измерения проводились 15.10.2019г. с 9 00 по 20 00 по местному времени. Установка прибора производилась на ШНН КТП 35/0.4.

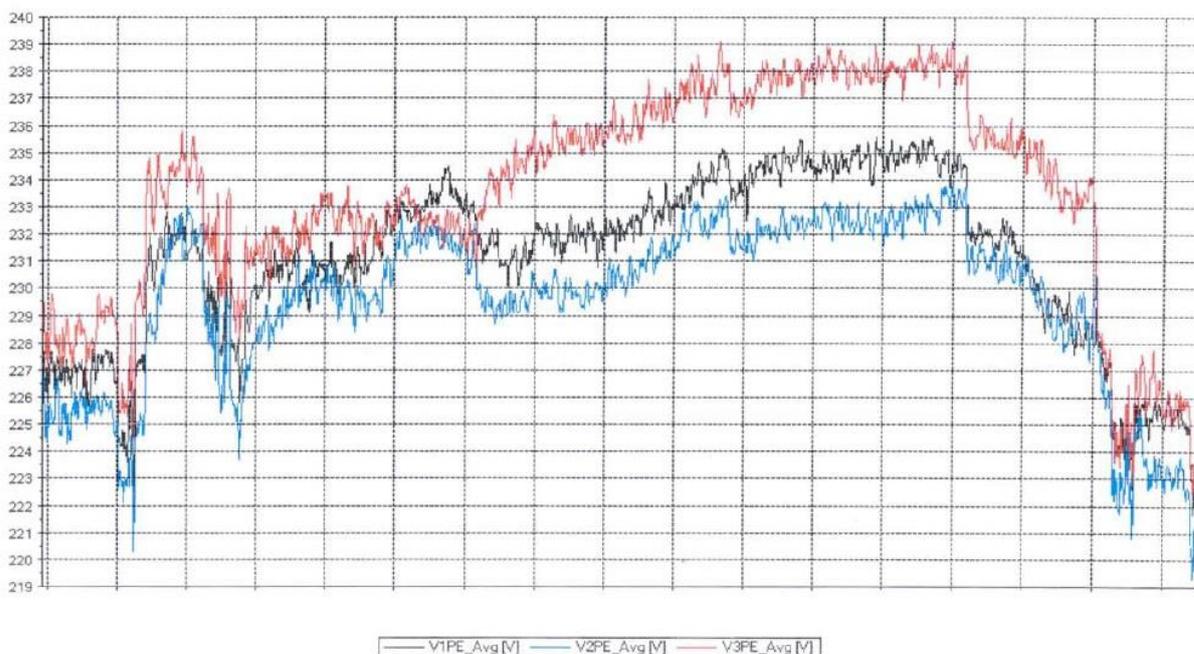


Рисунок 3.2 - Фазные напряжения

Из графика на рисунке 3.2 видно, что уровень напряжения в сети за период измерения превышал нормально допустимые 5% в течение длительного времени. Превышение было постоянным с 11:00 до 18:00

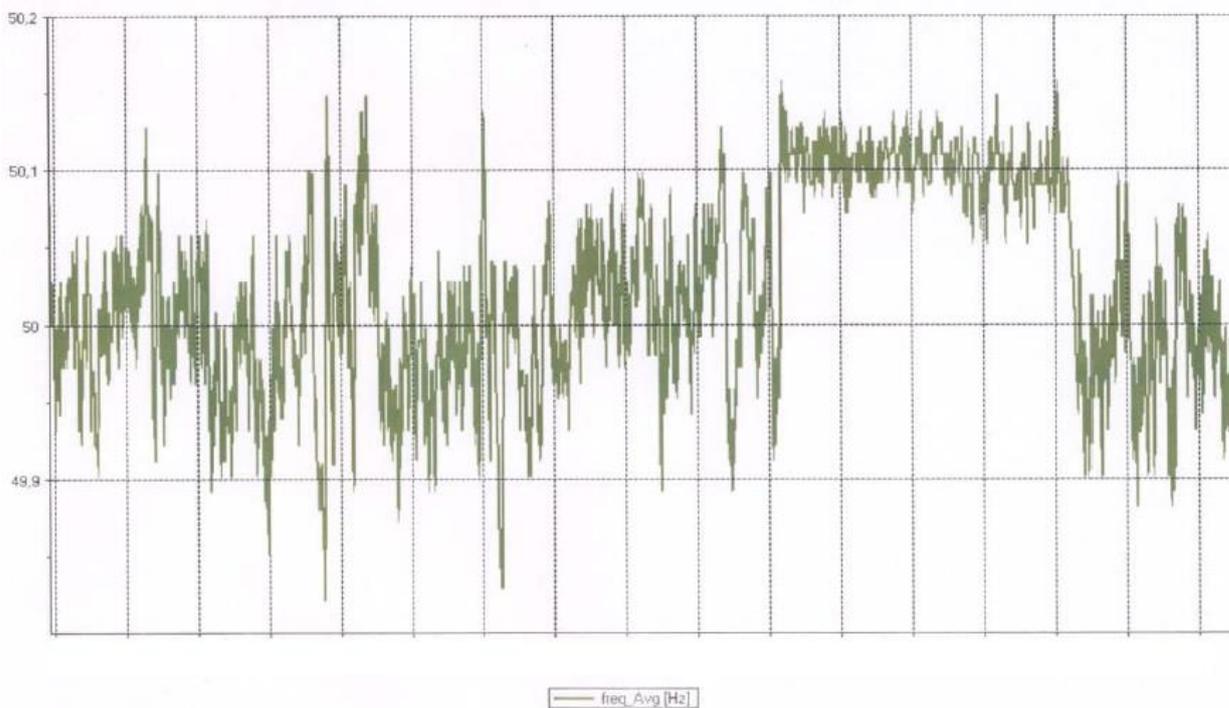


Рисунок 3.3 – Частота

Отклонения частоты (рисунок 3.3) не превысили нормально допустимых 0,2 Гц.

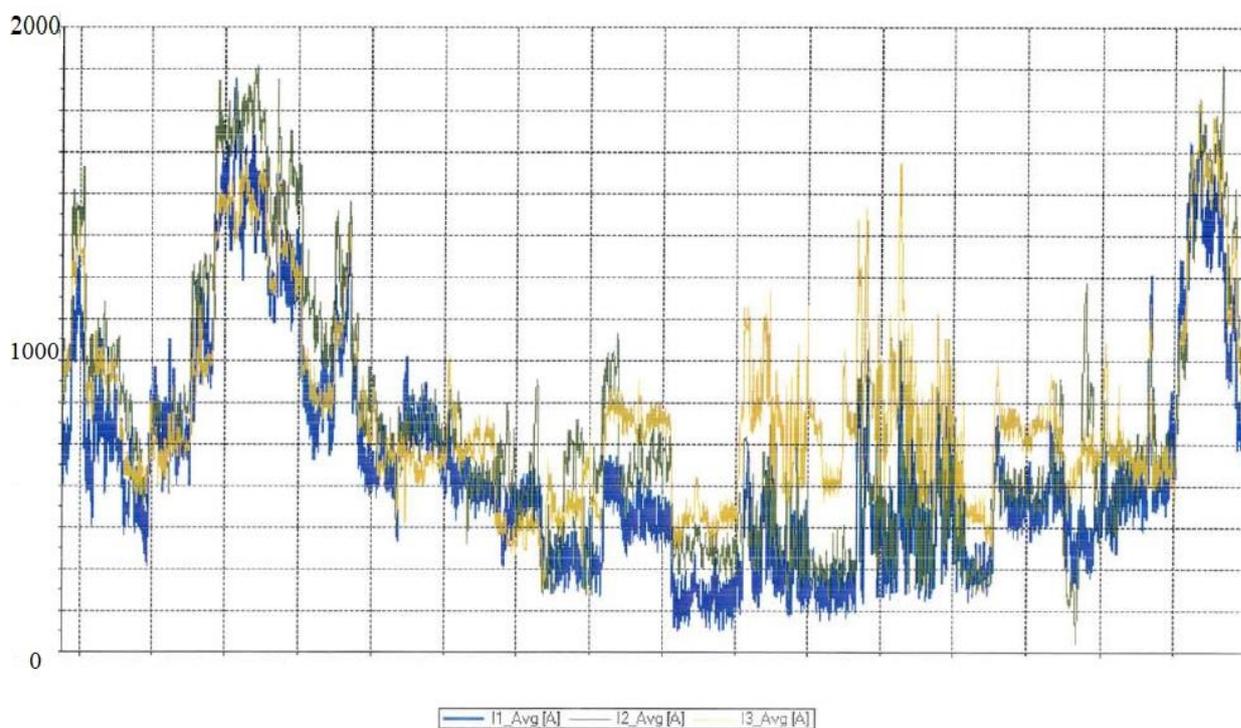


Рисунок 3.4 - Фазные токи

Из графика на рисунке 3.4 видно, что токи в фазах различаются более чем на 10% в период 13:00 до 18:00

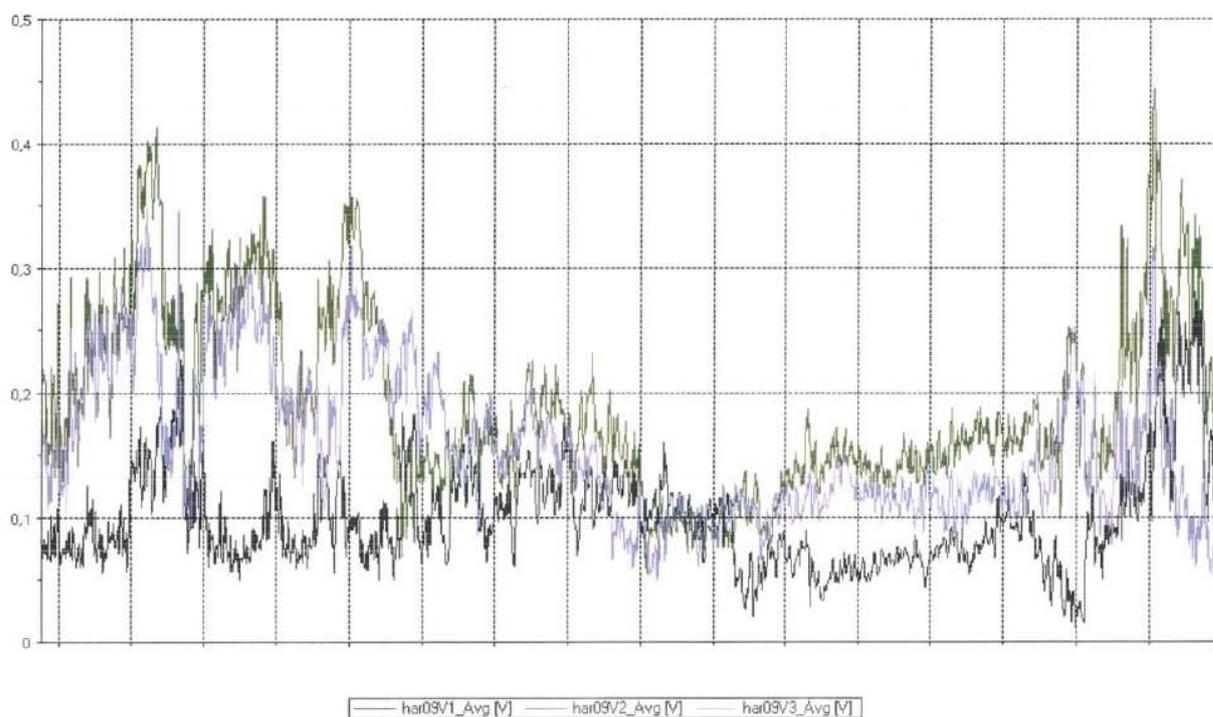


Рисунок 3.5 – Гармоника напряжения 9-я, фазы 1,2,3

Значения коэффициента гармонических составляющих напряжения (рисунок 3.5) не превышают нормально допустимые отклонения.

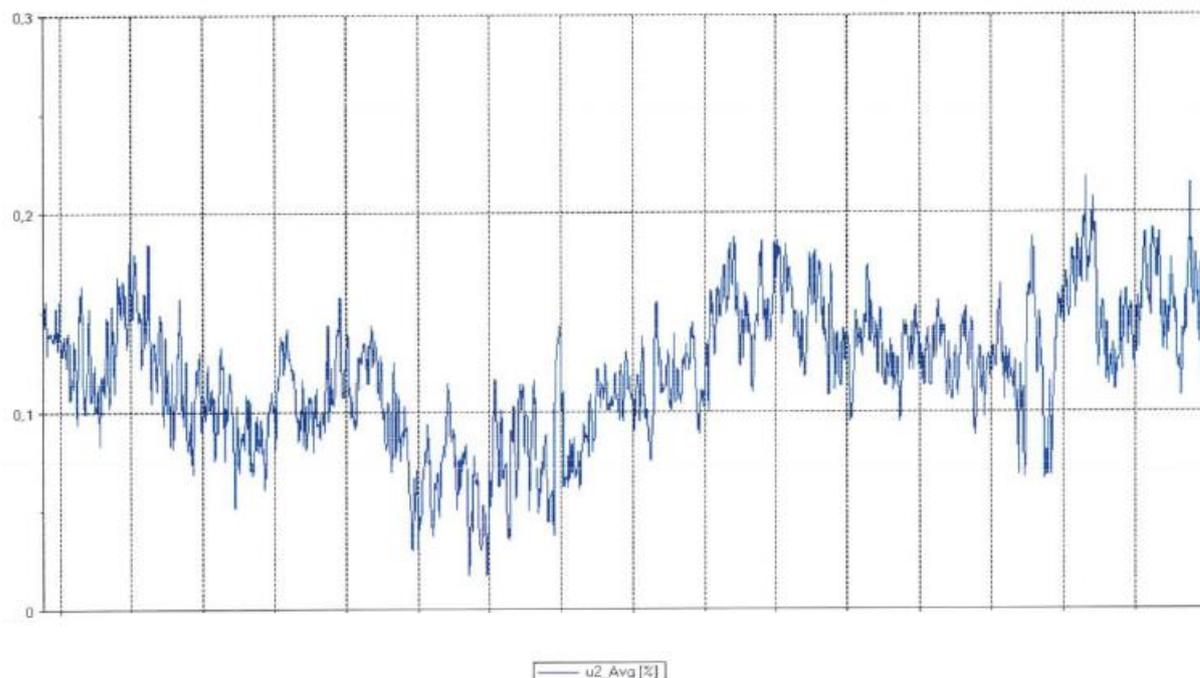


Рисунок 3.6 – Разбаланс обратная последовательность/прямая последовательность.

Коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности не превышает нормально допустимые 2 % (рисунок 3.6).

3.2 Структура электрических мощностей объекта

Наиболее мощными электроприемниками является технологическое оборудование - 74%, административные помещения – 7%, парогенератор – 3%, компрессоры – 7%, вентиляция – 4%.

Структура установленных мощностей позволяет перейти к определению расчетно-нормативного потребления электрической энергии по направлениям использования объекта, при этом необходимо использовать коэффициент использования (рисунок 3.7).

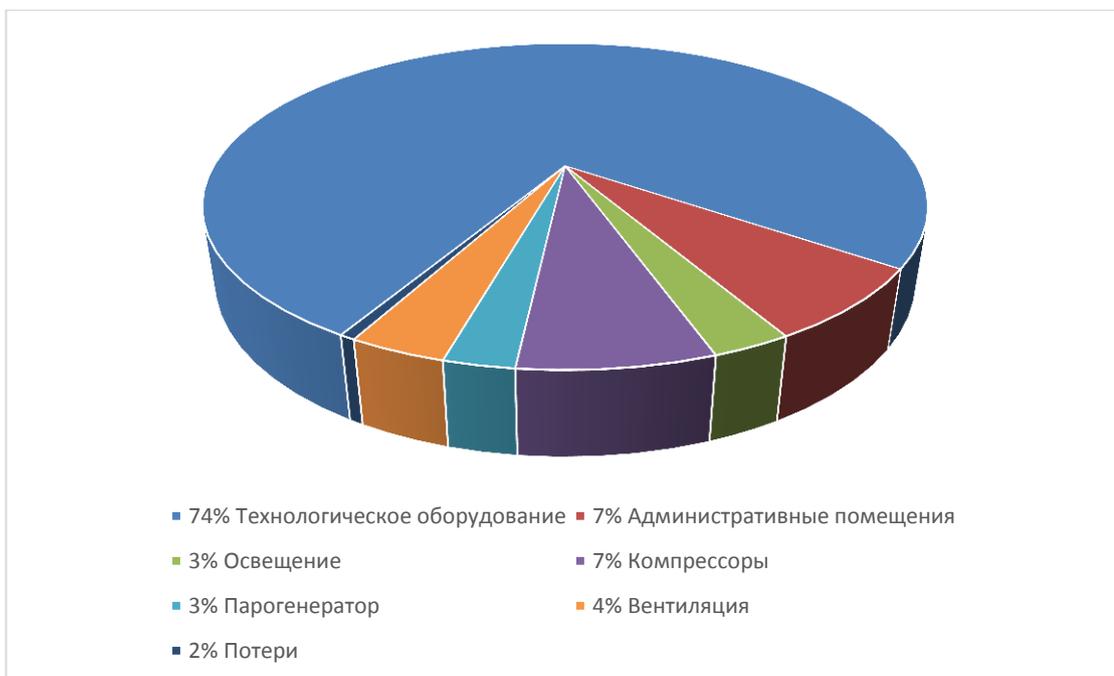


Рисунок 3.7 – Диаграмма потребления электроэнергии объекта

На рисунке 3.8 представлена динамика месячного потребления активной электроэнергии объекта за 2019 год по данным сводным отчетам счетчиков предприятия.

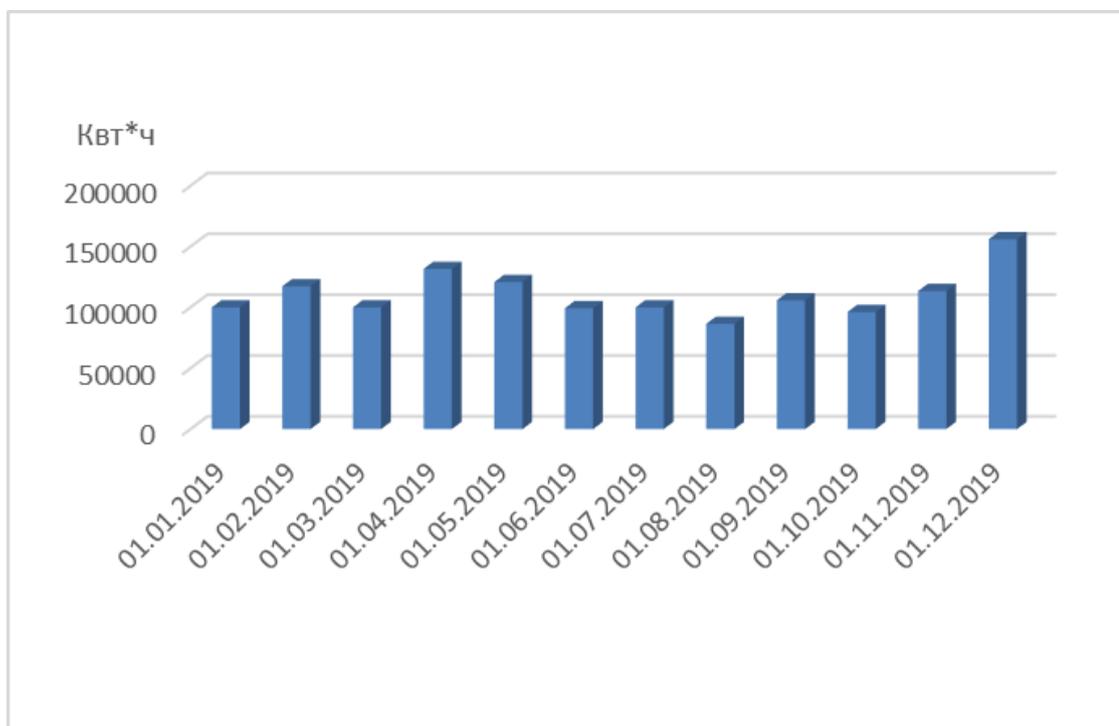


Рисунок 3.8 – Динамика потребления электрической энергии ООО «ВолгаГофроПак» за 2019 год.

4. Анализ системы внутреннего освещения

В таблице 4.1 представлено обследование системы внутреннего освещения предприятия всех этажей административных помещений и производственного цеха

В настоящее время на предприятии в производственном цеху находятся осветительные установки, смонтированные по нормативным документам утратившим актуальность, осветительные установки не могут обеспечить требуемый уровень показателей освещенности. Техническое состояние искусственного освещения цеха с точки зрения санитарной и пожаробезопасной эксплуатации следует оценивать как неудовлетворительное и не соответствует нормам [5].

Для оценки эффективности установок освещения цеховых, административных помещений объекта было проведено визуальное обследование. В таблице 4.1 приведены результаты замеров освещенности помещений цеховых, административных помещений объекта. Измерения производились в январе месяце в дневное (12.00) и вечернее время (19.00) цифровым измерителем люксметром Light 1801. Измерения освещенности производственного и административных помещений объекта проводились согласно рекомендациям [7].

Таблица 4.1 - Исследование всей системы освещения объекта

Назначение	Площадь помещения, м ²	Цвет и материал стен	Количество светильников	Суммарная мощность, кВт	Марка и тип светильника
Производственный цех	1500	Белый, водоэмульсионная краска	90	28	ЛСПО 4x60

Продолжение Таблицы 4.1

Коридор	48	Светло желтый	6	0,4	GM-A 40
М. гардероб	25	Светло желтый	3	0,2	GM-A 40
Туалет	2	Белый	1	0,04	GM-A 40
Ж. гардероб	25	Белый	3	0,2	GM-A 40
Туалет	2	Белый	1	0,04	GM-A 40
М. душевая	16	Белый, плитка	2	0,24	ЛСП 006- 2x58
Ж. душевая	16	Белый, плитка	2	0,24	ЛСП 006- 2x58
Кабинет 1	15	Светло желтый	5	0,4	GM-A 40
Лестничная клетка 1	12	Светло желтый	2	0,08	GM-A 40
Лестничная клетка 2	12	Светло желтый	2	0,08	GM-A 40
Лестничная клетка 3	12	Светло желтый	2	0,08	GM-A 40
Щитовая	16	Белый	6	0,4	GM-A 40
Склад	35	Белый	3	0,2	GM-A 40
Мастерская	38	Светло желтый	5	0,4	GM-A 40
Туалет	2	Белый	1	0,04	GM-A 40
Туалет	2	Белый	1	0,04	GM-A 40
Плоттерная	28	Светло желтый	5	0,4	GM-A 40
Холл	120	Светло желтый	32	2	GM-A 40
Коридор	22	Светло желтый	2	0,08	GM-A 40
Столовая	90	Белый	22	1	GM-A 40
Кабинет 3	15	Светло желтый	5	0,4	GM-A 40
Кабинет 4	15	Светло желтый	5	0,4	GM-A 40

Продолжение Таблицы 4.1

Коридор	22	Светло желтый	5	0,4	GM-A 40
Холл	120	Светло желтый	32	2	GM-A 40
Туалет	2	Белый	1	0,04	GM-A 40
Туалет	2	Белый	1	0,04	GM-A 40
Кабинет 6	15	Светло желтый	5	0,4	GM-A 40
Кабинет 7	15	Светло желтый	5	0,4	GM-A 40
Холл	120	Светло желтый	32	1,1	GM-A 40
Серверная	10	Светло желтый	1	0,04	GM-A 40
Коридор	15	Светло желтый	5	0,4	GM-A 40
Цех парогенератора	45	Темно серый	6	0,5	ЛПО 2x60
Компрессорная	20	Темно серый	4	0,5	ЛПО 2x60
Клеевая кухня	140	Темно серый	10	0,2	ЛПО 2x60
Теплоузел	10	Темно серый	2	0,2	ЛПО 2x60
Внешнее освещение	-	-	10	0,5	LPR-061

Таблица 4.2 - Результаты измерений освещенности производственных и административных помещений

Назначение	Замеры на рабочей поверхности 12 00 / 19 00 , Лк	Примечание
1	2	3
Производственный цех	145/109	15 % не работает
Коридор	242/208	
М. гардероб	232/201	
Туалет	60	

Продолжение Таблицы 4.2

Туалет	62	
М. душевая	80	
Ж. душевая	88	
Кабинет 1	282/253	
Лестничная клетка 1	89	
Лестничная клетка 2	80	
Лестничная клетка 3	79	
Щитовая	57	
Склад	189	
Мастерская	292/268	
Туалет	64	
Туалет	66	
Плоттерная	272/242	
Холл	280/261	
Коридор	89	
Столовая	222/208	
Кабинет 3	253/223	
Кабинет 4	262/231	
Кабинет 5	276/238	
Коридор	95	
Холл	268/259	
Туалет	59	
Туалет	68	
Кабинет 6	232/207	
Клеевая кухня	46/32	20% не работает
Теплоузел	90/72	20% не работает
Серверная	202/186	

5. Составление баланса электрической энергии

Баланс потребления электрической энергии за базовый 2019 год представлен в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Баланс потребления электрической энергии за 2019 год

Статьи прихода/расхода	Фактический расход	Расчетный расход		Договорная величина
		в %	в МВт*ч	
Приход, МВт*ч (по счетчику)	13228,153			-
Технологическое оборудование	-	74	982,833	-
Административные помещения	-	7	92,970	-
Компрессоры	-	7	92,970	-
Вентиляция	-	6	86,125	-
Освещение	-	3	398,644	-
Всего: Суммарный расход	13228,153	100	13829,563	17050

Согласно анализа баланса потребления электрической энергии объекта за 2019 год, можно видеть, что фактический расход соответствует расчетному (с учетом потерь и допустимых погрешностей), а договорные величины имеют запас по потреблению электроэнергии.

На основе представленных исходных данных и данных полученных в результате анализа, определим показатели энергетической эффективности использования электрической энергии объектом:

- расчетный удельный расход

$$\frac{\text{Расчетное потребление эл. энергии в год}}{\text{Общая площадь объекта}}$$

$$\frac{13829,563 \text{ МВт} \cdot \text{ч}}{5245,2 \text{ м}^2} = 2636,123 \frac{\text{МВт} \cdot \text{ч}}{\text{м}^2} \text{ в год}$$

-фактический удельный расход за 2019 год

$$\frac{\text{Фактическое потребление эл. энергии в год}}{\text{Общая площадь объекта}}$$

$$\frac{13228,153 \text{ МВт} \cdot \text{ч}}{5245,2 \text{ м}^2} = 2522,051 \frac{\text{МВт} \cdot \text{ч}}{\text{м}^2} \text{ в год}$$

5.1 Выводы по потреблению электрической энергии

По полученным удельным показателям потенциал энергосбережения и энергетической эффективности по использованию электрической энергии выявить не представилось возможным, т.к. нормативной базы для определения нормативного потребления для подобных объектов не существует. В сравнении с расчетными показателями можно видеть, что объект потребляет электрическую энергию в соответствии с заложенными в проект значениями.

Однако, в результате обследования, были выявлены следующие направления в сбережении электрической энергии, потенциал которых будет исследован в Разделе 6 настоящей работы:

- Модернизация системы освещения с переходом на более энергоэффективные установки освещения и автоматизация их управления;
- Модернизация системы вентиляции с установкой частотных преобразователей для электродвигателей и автоматизацией управления;
- Замена электрических ТЭНов для обогрева воды на систему подогрева от ЦТП;
- Использование систем рекуперации, позволяющих подогревать холодный наружный воздух приточных систем, за счет тепла выбрасываемого воздуха;

- Разработка мероприятий по повышению квалификации операторов технологического оборудования, для уменьшения их времени работы, на который затрачивается электрическая энергия.

Конкретные мероприятия по обозначенным направлениям будут подобраны в Разделе 6. Если мероприятия по какому-либо из направлений не будут предложены, значит энергоаудитор в ходе исследования и расчетов, пришел к выводу, что данное направление нецелесообразно, имеет слишком большой срок окупаемости и мероприятий по нему он предложить не может.

Также на 2021 год запланировано расширение производства, в процессе которого будет установлена новая линия производства пятислойного гофрированного картона с вспомогательным оборудованием. Необходимо рассмотреть загрузку существующих силовых трансформаторов, в связи этим в рамках данной работы будет рассмотрен вопрос о реконструкции системы электроснабжения КТП35/0,4 и ОРУ-35 на понизительной подстанции “Комсомольская 110/35/10”.

6. Разработка мероприятий по повышению энергоэффективности в электрических сетях объекта

6.1 Реконструкция системы внутреннего освещения объекта

Предлагается замена существующих устаревших светильников с люминисцентными лампами типа ЛПО 4x60, установленных в производственном цеху на новые светильники с энергоэффективными светодиодными лампами мощностью 140 Вт. Первый вариант 64 лампы подвесного исполнения и 10 точечных установок на рабочих местах. Второй вариант 105 ламп подвесного исполнения.

Светильники со светодиодными лампами:

- Светильник имеет повышенную светоотдачу благодаря работе источников света на повышенной частоте;
- Снижение потребления электроэнергии на 25-30% по сравнению с устаревшими светильниками;
- Свечение ламп не мерцающее, не утомляет зрение при длительной работе;
- Небольшие массогабаритные показатели

Предлагается 2 варианта установки светильников, которые приведены в таблице 6.1

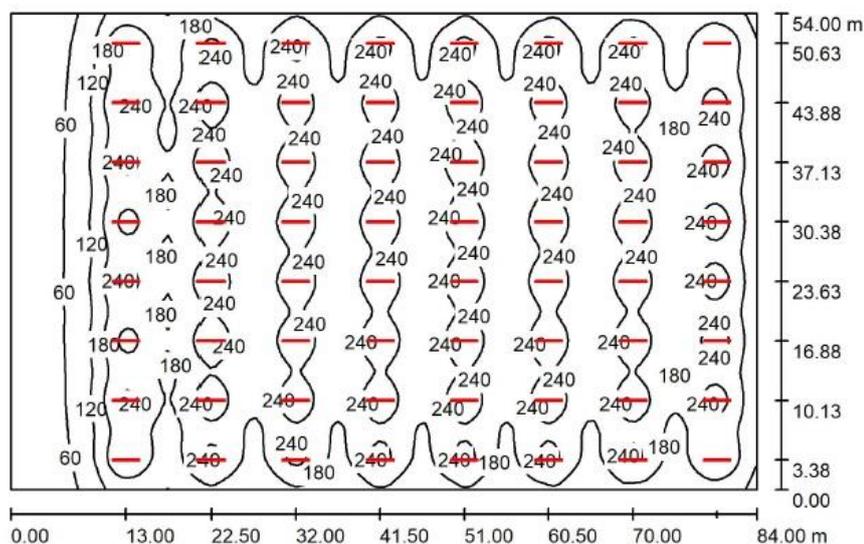
Таблица 6.1 Рассматриваемые варианты освещения

Рассматриваемый вариант	Марка светильника
Вариант 1	Light Technologies LNK LED140 4000K (140 Вт) 74 шт.
Вариант 2	Сфера VKR-T SF S150 – 58 шт. Сфера VKR-T SF S50 – 2 шт. Сфера VKR-U SF A1 120 – 45 шт.



Рисунок 6.1 - Светодиодный светильник Light Technologies LNK LED140

Для получения точного результата и упрощения задачи используем программу DIALux версии 4,13. Потолок и пол здания выбираем бетонными (коэффициент отражения 27%), стены кирпичные (коэффициент отражения 20%). Освещенность помещения (нормированное значение принимается $E = 200$ Лк (в помещении цеха постоянно находятся рабочие и производятся работы)). Представим полученные результаты в программе на рисунках 6.2, 6.3



Высота помещения: 6.000 m, Монтажная высота: 6.000 m,
Коэффициент эксплуатации: 0.80

Значения в Lux, Масштаб 1:694

Поверхность	ρ [%]	E_{cp} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_{cp}
Рабочая плоскость	/	193	22	288	0.116
Полы	20	190	27	257	0.144
Потолок	70	42	14	66	0.323
Стенки (4)	50	101	26	185	/

Рисунок 6.2 - Расчет количества светильников

№	Шт.	Обозначение (Поправочный коэффициент)	Ф (Светильник) [lm]	Ф (Лампы) [lm]	P [W]
1	64	LIGHTINGTECHNOLOGIES 1292000020 LNK LED 140 4000K (1.000)	16274	16274	140.0
			Всего: 1041536	Всего: 1041536	8960.0

Удельная подсоединенная мощность: $1.98 \text{ W/m}^2 = 1.02 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Поверхность основания: 4536.00 m^2)

Рисунок 6.3 – Ведомость светильников

Расчет нагрузки освещения

Для варианта 1:

$$P_{LED \text{ осв. в1}} = 74 * 140 = 10360 \text{ Вт.}$$

Для варианта 2:

$$P_{LED \text{ осв. в2}} = 58 * 150 + 2 * 50 + 45 * 120 = 12460 \text{ Вт.}$$

$$Q_{LED \text{ осв}} = P_{LED \text{ осв}} \text{tg}\varphi$$

$$\cos \varphi = 0,95 \text{ (для LED светильников)}$$

Для варианта 1:

$$Q_{LED \text{ осв.в1}} = P_{LED \text{ осв в1}} * \text{tg}\varphi = 10360 * 0,33 = 2956 \text{ вар}$$

Для варианта 2:

$$Q_{LED \text{ осв.в2}} = P_{LED \text{ осв в2}} * \text{tg}\varphi = 12460 * 0,33 = 4111 \text{ вар}$$

Полная суммарная мощность системы освещения по цеху

Для варианта 1:

$$S_{\Sigma \text{ в1}} = \sqrt{P_{\Sigma}^2 + Q_{\Sigma}^2} = \sqrt{10360^2 + 2956^2} = 9435 \text{ ВА} = 10,8 \text{ кВА}$$

Для варианта 2:

$$S_{\Sigma \text{ в2}} = \sqrt{P_{\Sigma}^2 + Q_{\Sigma}^2} = \sqrt{12460^2 + 4111^2} = 9435 \text{ ВА} = 13,1 \text{ кВА}$$

Суммарный ток системы освещения

Для варианта 1:

$$I_{\Sigma \text{ в1}} = \frac{S_{\Sigma}}{\sqrt{3}U_3} = \frac{10,8}{\sqrt{3} * 0,38} = 15,6 \text{ А}$$

Для варианта 2:

$$I_{\Sigma \text{ в2}} = \frac{S_{\Sigma}}{\sqrt{3}U_3} = \frac{13,1}{\sqrt{3} * 0,38} = 20,2 \text{ А}$$

6.2 Расчет экономической эффективности от внедрения мероприятия

1. В исследуемом объекте установлено 80 шт. люминисцентных ламп ЛПО 4x60 мощностью 240 Вт каждая.

2. Потребление электроэнергии в год на цели освещения в среднем составляет 4464 часов (12 часов смена в день * 31 день в месяц * 12 месяцев).

Расчет:

$$P_{LED \text{ осв. в1}} = 74 * 140 = 10360 \text{ Вт.}$$

$$P_{LED \text{ осв. в2}} = 58 * 150 + 2 * 50 + 45 * 120 = 12460 \text{ Вт}$$

$$P_{\text{люм осв.}} = 80 * 240 = 19200 \text{ Вт}$$

Потребление в год ламп ЛПО 80 ламп мощностью 240 Вт каждая:

$$19,2 \text{ кВт} \times 4464 = 85\,708,8 \text{ кВт*ч.}$$

Затраты на электроэнергию в год (при использовании 80 ламп ЛПО мощностью 240 Вт каждая) при тарифе 6,52 руб./кВт:

$$85\,708,8 \times 6,52 = 558\,821,3 \text{ руб./год}$$

Потребление в год ламп LED 105 ламп (вариант 2) мощностью 120 Вт каждая:

$$10,3 \text{ кВт} \times 4464 = 45\,979,2 \text{ кВт*ч.}$$

Потребление в год ламп LED 74 ламп (вариант 1) мощностью 140 Вт каждая:

$$12,4 \text{ кВт} \times 4464 = 55\,353,6 \text{ кВт*ч.}$$

Затраты на электроэнергию в год (при использовании 64 ламп LED мощностью 140 Вт каждая) при тарифе 6,52 руб./кВт:

$$45\,979,2 \times 6,52 = 299\,784,3 \text{ руб./год}$$

Затраты на электроэнергию в год (при использовании 105 ламп LED мощностью 120 Вт каждая) при тарифе 6,52 руб./кВт:

$$55\,353,6 \times 6,52 = 360\,905,4 \text{ руб./год}$$

Экономия в год при замене ламп ЛПО на LED (вариант 1) в стоимостном выражении составит:

$$558\,821,9 - 299\,784,3 = 259\,037,6 \text{ руб./год}$$

Экономия в год при замене ламп ЛПО на LED (вариант 2) в стоимостном выражении составит:

$$558\,821,9 - 360\,905,4 = 197\,916,5 \text{ руб./год}$$

Из расчетов следует, что второй вариант проекта имеет слишком долгий срок окупаемости – 3,6 года, принимаем первый вариант проекта, как более энергоэффективный. Сведем показатели в таблицу 6.1

Таблица 6.1 - Экономические показатели проекта замены ламп

Показатели проекта	Значения показателей
Марка светильников	Light Technologies LNK LED140
Стоимость, тыс. руб.	576,8
Количество	74
Затраты на монтаж-демонтаж, тыс. руб.	150
Инвестиции в проект (общая стоимость реконструкции), тыс. руб.	726,8
Экономия электроэнергии, тыс. руб.	259
Снижение затрат (доходы от проекта), тыс. руб./год.	299,7
Бездисконтный срок окупаемости проекта, лет	2,7

7. Реконструкция системы электроснабжения

На 2021 год запланировано расширение производства, в процессе которого на объекте будет установлена новая линия производства пятислойного гофрированного картона с вспомогательным оборудованием, полный перечень оборудования приведен в таблице 7.1 Необходимо определить новые электрические нагрузки, выбрать электрооборудование (автоматические выключатели и кабели), рассмотреть загрузку силового трансформатора КТП35/0,4 с которого осуществляется энергоснабжение объекта.

Таблица 7.1 - Перечень добавленных электроприемников

Наименование электрооборудования	Количество	Рн пасп, кВт	Cos φ	Ки
Линия производства 5х картона	5	220	0,85	0,6
Транспортер	3	10	0,8	0,2
Пылеудалитель	3	25	0,8	0,8
Вспомогательное оборудование	10	2	0,6	0,2

7.1 Определение электрических нагрузок

Расчет электрических нагрузок будет выполнен по средней потребляемой мощности за наиболее загруженную смену и коэффициенту максимума (расчетному коэффициенту), так как известно количество и данные электроприемников проектируемого объекта.

Рассчитываем параметры электроприемников для составления сводной ведомости нагрузок:

Линия производства 5х картона

$$K_{и} = 0,6; \cos\varphi = 0,85; \operatorname{tg}\varphi = 0,62$$

$$P_{\text{см}} = P_{n\Sigma} * K_{\text{и}} = 5 * 220 * 0,6 = 660 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{см}} = P_{\text{см}} * \text{tg}\varphi = 660 * 0,62 = 409 \text{ квар}$$

$$S_{\text{см}} = \sqrt{P_{\text{см}}^2 + Q_{\text{см}}^2} = \sqrt{660^2 + 409^2} = 776,5 \text{ кВА}$$

Транспортеры

$$K_{\text{и}} = 0,2; \cos\varphi = 0,8; \text{tg}\varphi = 0,75$$

$$P_{\text{см}} = P_{n\Sigma} * K_{\text{и}} = 30 * 0,2 = 6 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{см}} = P_{\text{см}} * \text{tg}\varphi = 6 * 0,75 = 4,5 \text{ квар}$$

$$S_{\text{см}} = \sqrt{P_{\text{см}}^2 + Q_{\text{см}}^2} = \sqrt{6^2 + 4,5^2} = 7,5 \text{ кВА}$$

Пылеудалители

$$K_{\text{и}} = 0,8; \cos\varphi = 0,8; \text{tg}\varphi = 0,75$$

$$P_{\text{см}} = P_{n\Sigma} * K_{\text{и}} = 75 * 0,8 = 60 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{см}} = P_{\text{см}} * \text{tg}\varphi = 60 * 0,75 = 45 \text{ квар}$$

$$S_{\text{см}} = \sqrt{P_{\text{см}}^2 + Q_{\text{см}}^2} = \sqrt{60^2 + 45^2} = 75 \text{ кВА}$$

Вспомогательное оборудование

$$K_{\text{и}} = 0,2; \cos\varphi = 0,6; \text{tg}\varphi = 1,33$$

$$P_{\text{см}} = P_{n\Sigma} * K_{\text{и}} = 20 * 0,2 = 4 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{см}} = P_{\text{см}} * \text{tg}\varphi = 4 * 1,33 = 5,32 \text{ квар}$$

$$S_{\text{см}} = \sqrt{P_{\text{см}}^2 + Q_{\text{см}}^2} = \sqrt{4^2 + 5,32^2} = 6,6 \text{ кВА}$$

Всего:

$$P_{n\Sigma} = 1225 \text{ кВт}$$

$$n_{\text{э}} = 26$$

$$P_{\text{см}\Sigma} = 767 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{см}\Sigma} = 463,3 \text{ квар}$$

$$S_{\text{см}\Sigma\text{рп1}} = \sqrt{P_{\text{см}\Sigma\text{рп1}}^2 + Q_{\text{см}\Sigma\text{рп1}}^2} = \sqrt{767^2 + 463^2} = 896,7 \text{ кВА}$$

$m > 3$ (силовая сборка)

$$K_{\text{и}} = \frac{P_{\text{см}\Sigma}}{P_{n\Sigma}} = \frac{767}{1225} = 0,62$$

$K_M = F(K_{и} n_э) = 1,2$ Коэффициент максимума активной нагрузки

$K_M' = 1,10$ Коэффициент максимума реактивной нагрузки

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{Q_{\text{см}\Sigma}}{P_{\text{см}\Sigma}} = \frac{463}{896,7} = 0,51$$

$$P_{\text{м}\Sigma\text{рп}} = K_M * P_{\text{см}\Sigma} = 1,2 * 767 = 920,4 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{м}\Sigma} = K_M' * Q_{\text{см}\Sigma} = 1,1 * 463 = 509,3 \text{ квар}$$

$$S_{\text{м}\Sigma} = \sqrt{P_{\text{м}\Sigma}^2 + Q_{\text{м}\Sigma}^2} = \sqrt{920,4^2 + 509,3^2} = 1051,6 \text{ кВА}$$

$$I_{\text{м}\Sigma} = \frac{S_{\text{м}\Sigma}}{\sqrt{3}U_3} = \frac{1051,6}{\sqrt{3} * 0,38} = 1627,3 \text{ А}$$

Рассчитаем суммарную расчетную активную и реактивную мощность установленных (из Раздела 2) и добавленных электроприемников:

$$\Sigma P_p = 1501,3 + 957,6 = 2458,9 \text{ кВт}$$

$$\Sigma Q_p = 512 + 509,3 = 1021,3 \text{ квар}$$

Пересчитаем полную мощность:

$$S_p = \sqrt{2458,9^2 + 1021,3^2} = 2661,8 \text{ кВА}$$

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3}U_H} = \frac{2661,8}{\sqrt{3} * 0,38} = 3120,9 \text{ А}$$

Потери:

$$\Delta P_T = 0,02S_{\text{нн}} = 0,02 * 2661,8 = 53,5 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_T = 0,1Q_{\text{нн}} = 0,1 * 1021,3 = 102 \text{ квар}$$

$$\Delta S_T = \sqrt{\Delta P_T^2 + \Delta Q_T^2} = \sqrt{53,5^2 + 102^2} = 115 \text{ кВА}$$

Сведем данные из расчетов и данных из Раздела 3 в таблицу 7.1

Определим максимальную мощность трансформаторов по справочным данным [8]:

$$S_T \geq \frac{S_p}{K_3 * N_T} = \frac{2661,8}{0,9 * 1} = 2959,6 \text{ кВА}$$

$$2956,6 \geq 2500 \text{ кВА}$$

Из расчетов следует, что мощности установленного трансформатора ТМН 2500, не достаточно для расширения производства, требуется замена на более мощный. Установка конденсаторной компенсирующей установки не целесообразна, так как установленные значения $\text{tg } \varphi$ не превышают значения 0,5 для имеющегося и добавленного промышленного оборудования. Компенсацию реактивной мощности по опыту эксплуатации производят до получения значения $\text{tg } = 0,33 - 0,48$. По данным из подраздела 3.1 рисунок 3.4 токи в фазах различаются более чем на 10%, работа конденсаторной установки при таких условиях по ПУЭ 2.9.6 не допускается[1].

7.2 Выбор электрооборудования схемы электроснабжения

Автоматический выключатель SF2, SF3, SF4, SF5, SF6

(линия производства 5х картона – ШНН, присутствует группа электродвигателей). Выбор автоматического выключателя будет сделан по максимальному току паспортных данных оборудования.

$$I_T = 350 \text{ A}$$

$I_{\text{нр}} \geq I_T = 400$, где $I_{\text{нр}}$ – номинальный ток расцепителя

Согласно полученному результату выбираем Legrand DPX 400. Выбранный выключатель имеет характеристики (таблица 7.2).

Таблица 7.2 - Характеристики Legrand DPX 400

Параметр	Значение
$I_{\text{на}}, \text{ A}$	400
$I_{\text{нп}}, \text{ A}$	400
$U_{\text{на}}, \text{ В}$	400
$I_{\text{у(п)}}$	$1,25I_{\text{нп}}$
$I_{\text{у(кз)}}$	$5I_{\text{нп}}$
$I_{\text{откл}}, \text{ кА}$	25

Проверяем условие выбора автомата:

$$I_{\text{на}} \geq I_{\text{нп}} = 400 \text{ A}$$

Автоматический выключатель SF7, SF8, SF9

(линия Транспортер – РУ, присутствует группа электродвигателей).

Выбор автоматического выключателя будет сделан по максимальному току паспортных данных оборудования.

$$I_T = 15 \text{ A}$$

$I_{\text{нр}} \geq I_T = 15$, где $I_{\text{нр}}$ – номинальный ток расцепителя

Согласно полученному результату выбираем Legrand 16А. Выбранный выключатель имеет характеристики (таблица 7.3).

Таблица 7.3 - Характеристики Legrand 16А

Параметр	Значение
$I_{\text{на}}, \text{A}$	16
$I_{\text{нп}}, \text{A}$	16
$U_{\text{на}}, \text{В}$	400
$I_{\text{у(п)}}$	$1,25I_{\text{нп}}$
$I_{\text{у(кз)}}$	$5I_{\text{нп}}$
$I_{\text{откл}}, \text{кА}$	5

Проверяем условие выбора автомата:

$$I_{\text{на}} \geq I_{\text{нп}} = 16 \geq 15 \text{ A}$$

Автоматический выключатель SF7-SF12

(линия Пылеудалитель – РУ, присутствует группа электродвигателей). Выбор автоматического выключателя будет сделан по максимальному току паспортных данных оборудования.

$$I_T = 38 \text{ A}$$

$I_{\text{нр}} \geq I_T = 40$, где $I_{\text{нр}}$ – номинальный ток расцепителя

Согласно полученному результату выбираем Legrand 40А. Выбранный выключатель имеет характеристики (таблица 7.4).

Таблица 7.4 - Характеристики Legrand 40А

Параметр	Значение
$I_{на}, А$	40
$I_{нп}, А$	40
$U_{на}, В$	400
$I_{у(п)}$	$1,25I_{нп}$
$I_{у(кз)}$	$5I_{нп}$
$I_{откл}, кА$	5

Проверяем условие выбора автомата:

$$I_{на} \geq I_{нп} = 40 \geq 38 А$$

Автоматический выключатель SF10-SF20

(линия Вспомогательное оборудование – РУ). Выбор автоматического выключателя будет сделан по максимальному току паспортных данных оборудования.

$$I_T = 3 А$$

$I_{нр} \geq I_T = 4$, где $I_{нр}$ – номинальный ток расцепителя

Согласно полученному результату выбираем Legrand 4А. Выбранный выключатель имеет характеристики (таблица 7.4).

Таблица 7.4 - Характеристики Legrand 40А

Параметр	Значение
$I_{на}, А$	4
$I_{нп}, А$	4
$U_{на}, В$	400
$I_{у(п)}$	$1,25I_{нп}$
$I_{у(кз)}$	$5I_{нп}$
$I_{откл}, кА$	5

Проверяем условие выбора автомата:

$$I_{на} \geq I_{нп} = 4 \geq 3 А$$

Автоматический выключатель SF1

(линия РУ – ШНН). Выбор автоматического выключателя будет сделан по максимальному току.

$$I_T = 189 \text{ A}$$

$I_{\text{нр}} \geq I_T = 189$, где $I_{\text{нр}}$ – номинальный ток расцепителя

Согласно полученному результату выбираем Legrand 200A. Выбранный выключатель имеет характеристики (таблица 7.4).

Таблица 7.4 - Характеристики Legrand 40A

Параметр	Значение
$I_{\text{на}}, \text{A}$	200
$I_{\text{нп}}, \text{A}$	200
$U_{\text{на}}, \text{В}$	400
$I_{\text{у(п)}}$	$1,25I_{\text{нп}}$
$I_{\text{у(кз)}}$	$5I_{\text{нп}}$
$I_{\text{откл}}, \text{кА}$	5

Проверяем условие выбора автомата:

$$I_{\text{на}} \geq I_{\text{нп}} = 200 \geq 189 \text{ A}$$

7.3 Выбор кабельных линий

При выборе кабельных линий учитываем соответствие автоматам защиты, выбор силовых кабелей осуществляется по допустимой токовой нагрузке. Помещение цеха объекта относится к категории С по пожаробезопасности (пониженная пожароопасность), поэтому при расчёте будем принимать значение коэффициента защиты $K_{\text{эщ}} = 1$. Для прокладки будут использоваться кабели марки ПвП (материал жил кабеля медь, изоляция и оболочка – полиэтилен, кабель может использоваться для закрытой и открытой прокладки).

Линии с SF1, SF2, SF3 (линия производства 5х картона - ШНН)

$$I_{\text{доп}} \geq K_{\text{эщ}} I_{\text{у(п)}}$$

$$I_{\text{доп}} = 1,2 * (1,35 * I_{\text{нр}}) = 1 * 1,35 * 400 = 540 \text{ А}$$

Выбираем ПвП – 3 х 240 ($I_{\text{доп}} = 600 \text{ А}$)

Линии с SF4, SF5, SF6 (Транспортер – РУ 0,4)

$$I_{\text{доп}} \geq K_{\text{зщ}} I_{\text{у(п)}}$$

$$I_{\text{доп}} = 1 * (1,35 * I_{\text{нр}}) = 1 * 1,35 * 16 = 21,9 \text{ А}$$

Выбираем ПвП – 3 х 16 ($I_{\text{доп}} = 40 \text{ А}$)

Линии с SF7-SF12 (Пылеудалитель – РУ 0,4)

$$I_{\text{доп}} \geq K_{\text{зщ}} I_{\text{у(п)}}$$

$$I_{\text{доп}} = 1 * (1,35 * I_{\text{нр}}) = 1 * 1,35 * 40 = 54 \text{ А}$$

Выбираем ПвП – 3 х 24 ($I_{\text{доп}} = 70 \text{ А}$)

Линии с SF13-SF23 (Вспомогательное оборудование – РУ 0,4)

$$I_{\text{доп}} \geq K_{\text{зщ}} I_{\text{у(п)}}$$

$$I_{\text{доп}} = 1 * (1,35 * I_{\text{нр}}) = 1 * 1,35 * 4 = 5,9 \text{ А}$$

Выбираем ПвП – 3 х 2,5 ($I_{\text{доп}} = 10 \text{ А}$)

Линии с SF1 (РУ 0,4 - ШНН)

$$I_{\text{доп}} \geq K_{\text{зщ}} I_{\text{у(п)}}$$

$$I_{\text{доп}} = 1 * (1,35 * I_{\text{нр}}) = 1 * 1,35 * 200 = 270 \text{ А}$$

Выбираем ПвП – 3 х 120 ($I_{\text{доп}} = 280 \text{ А}$)

Составим сводную ведомость по выбранным силовым кабелям в таблицу 7.5.

Таблица 7.5 Сводная ведомость силовых кабелей

Участок	Марка кабеля	$I_{\text{доп}}, \text{ А}$	Способ прокладки
Линия производства 5х картона - ШНН	ПвП-3х210	600	Кабель-канал
Транспортер - ШНН	ПвП-3х16	40	Кабель-канал
Пылеудалитель- ШНН	ПвП-3х24	70	Кабель-канал
Вспомогательное оборудование- ШНН	ПвП-3х2,5	10	Кабель-канал

7.1 Выводы по реконструкции

При расчетах новых электрических нагрузок, добавленных при расширении производства, была определена новая требуемая мощность силового трансформатора – 4000 кВА. Требуется замена установленного трансформатора ТГМ 2500 кВА. Увеличение мощности трансформатора на КТП 35 0,4 приведет к необходимости пересмотра загрузки установленного силового трансформатора на ПС “Комсомольская” 110/35/10 и возможной ее реконструкции.

При рассмотрении выбора вариантов реконструкции можно принять следующие рекомендации:

1) ОРУ 110 кВ следует установить на оборудовании открытой установки. Так как строительство КРУЭ 110 кВ, в современной экономической обстановке в России (кризисные явления в комплексе с экономическими санкциями со стороны стран ЕС и США) является неэффективным делает реализацию данного варианта дорогостоящим и сложным.

2) Схему ОРУ 110 кВ следует выполнить по схеме 110-4Н «Два блока с выключателями и неавтоматической перемычкой со стороны линий» с подключением Т1 и Т2 через элегазовые выключатели.

3) Предусмотреть ячейки под расширение ЗРУ 10 кВ; 35кВ; ОРУ 110

Все оборудование, устанавливаемое на подстанции, должно быть устойчивым к токам короткого замыкания и обеспечивать протекание токов нагрузки – шины ОРУ 110 кВ.

При проведении реконструкции ОРУ-110 кВ рекомендовать к использованию следующее оборудование:

- выключатели – элегазовые бакового типа;
- трансформаторы тока – выносные;
- разъединители – горизонтально-поворотного типа с двигательными приводами для главных и заземляющих ножей;
- трансформаторы напряжения – емкостного типа, антирезонансные;

- ограничители перенапряжения нелинейные, со счетчиком срабатываний;

Для ОРУ-35 кВ:

- трансформаторы тока – выносные;

- выключатели – вакуумные;

- трансформаторы напряжения – емкостного типа, анти-резонансные;

- разъединители – горизонтально-поворотного типа с двигательными приводами для главных и заземляющих ножей;

- ограничители перенапряжения нелинейные, со счетчиком срабатываний.

При проведении реконструкции ЗРУ - 10 кВ можно рекомендовать использование модульного корпуса с ячейками СЭЩ - 70 с вакуумными выключателями.

Самым главным, при проработке вариантов, считается повышение мощности и надежности работы подстанции, возможность организации строительства в условиях действующей подстанции.

8. Проект молниезащиты и заземления

На новом построенном здании склада отсутствует система заземления и молниезащиты по ГОСТ Р 50571, ГОСТ 50669-94[22]. Требуется провести расчёты и создать проект молниезащиты, контура заземления.

Исходные данные:

- склад из сэндвич-панелей, длина объекта: 70 м, ширина объекта: 18 м, наибольшая высота объекта: 9,1 м.
- Здание склада выполнено из несущих металлических колонн по периметру с шагом 6 м и металлических ферм. В качестве ограждающих конструкций применены сэндвич-панели толщиной 200 мм с негорючим минерально-ватным утеплителем.
- Конструкция крыши склада состоит из металлической черепицы 0.7 мм, стальных прогонов 120-60-6, стропильных ферм из фасонного проката. Электрическая непрерывность между разными частями обеспечена на долгий срок.
- Удельное сопротивление грунта на объекте: 100 Ом*м
- Класс пожароопасной зоны - П-II А согласно ПУЭ [21].

8.1 Расчет молниезащиты

Для определения категории молниезащиты необходимо определить класс взрыво- и пожароопасной зоны для помещений проектируемого объекта согласно ПУЭ [1]: - помещение склада - класс пожароопасной зоны - П-II А.

Ожидаемое количество поражений объекта молнией за год определяется по формуле:

$$N = [(S + 6h_{об})(L + 6h_{об}) - 7,7 * h_{об}] \cdot n \cdot 10 - 6,$$

Где:

$h_{об}$ — наибольшая высота объекта,

L — длина объекта;

S — ширина объекта,

n — плотность ударов молнии на 1 км^2 земной поверхности в год.

$$n = 6,7 \cdot T_{\text{гр}} / 100,$$

где $T_{\text{гр}}$ - средняя продолжительность гроз в часах.

Для Самарской области средняя продолжительность гроз составляет 20-40 часов.

$$N = [(18 + 9,1)(70 + 9,1) - 7,7 * 9,1] \cdot 6,7 \cdot 10 - 6 = 0,018672$$

Ожидаемое количество поражений молнией объекта в год составляет 0,018672 поражений в год.

Согласно таблицы 1 РД 34.21.122-87 [22] для помещения склада необходимо обустройство молниезащиты III категории. Так как отсутствуют специальные требования по защите кровли от повреждений с учётом толщины металла более 0,5 мм и под кровлей отсутствуют горючие материалы, в качестве естественного молниеприёмника принимается металлическая конструкция крыши. В качестве токоотводов принимаем металлические колонны здания, соединенные с фермами металлической кровли сваркой.

Токоотвод (колонна здания) соединяется с внешним контуром заземления омеднённой полосой 30x4 (GL-11075). Внешний контур заземления выполняется из вертикальных электродов (омедненных резьбовых штырей D14, 1.5 м ZZ-001-065 - 2 шт. на 1 электрод), соединенных между собой омеднённой полосой 30x4 GL-11075 при помощи зажима для подключения проводника ZZ-005-064.

Заземляющее устройство (внешний контур заземления) прокладывается на глубине 0,5 м от поверхности земли на расстоянии 1 м от здания по всему периметру. Не более чем через каждые 25 м внешний контур заземления приваривается к колоннам здания. Согласно п. 1.7.55 ПУЭ [1] заземляющее устройство молниезащиты объединяется с контуром защитного заземления электроустановок зданий. Таким образом обеспечивается защита

здания от прямых ударов молнии, вторичных проявлений молнии и заноса высокого потенциала.

В помещении электрощитовой выполнен контур заземления из омедненной полосы 30x4 (GL-11075) по периметру на высоте 0,4 м от уровня пола. При пересечении контура заземления с дверьми и воротами смонтировать обходы сверху. Ответвления от магистрали выполнить по месту. Во всех заземляющих конструкциях должна быть обеспечена непрерывность электрических цепей. Заземление электроприемников, осветительных приборов и розеток осуществляется жилой РЕ питающего кабеля. Все металлические нетоковедущие части электрооборудования, нормально не находящиеся под напряжением, но могущие оказаться под ним в результате аварии или повреждения изоляции, заземлить путем присоединения к заземляющему проводу электропроводки. С целью уравнивания потенциалов трубопроводы всех назначений должны быть присоединены к магистрали заземления.

Монтаж молниезащиты и заземления выполнить согласно ПУЭ, РД34.21.122-87 [21], и 153-34.21.122-2003 [22].

9.2 Расчет сопротивления заземляющего устройства

Сопротивление горизонтального электрода рассчитывается по формуле:

$$R_{\text{гор}} = \frac{\rho}{2\pi L_{\text{верт}}} * \ln \frac{2L_{\text{верт}}^2}{bh}$$

Где:

ρ – удельное сопротивление грунта, Ом·м;

b - ширина полосы горизонтального электрода, м;

h - глубина заложения горизонтальной сетки, м;

$L_{\text{гор}}$ – длина горизонтального электрода, м.

$$R_{\text{гор}} = \frac{100}{2 * 3,14 * 75} * \ln \frac{2 * 75^2}{0,03 * 0,5} = 34,25 \text{ Ом.}$$

Сопротивление вертикального электрода рассчитывается по формуле:

$$R_{\text{верт}} = \frac{\rho}{2\pi L} \left(\ln \frac{2L}{d} + 0,5 * \ln \frac{4T + L}{4T - L} \right)$$

Где:

ρ – эквивалентное удельное сопротивление грунта, Ом·м;

L – длина вертикального электрода, м;

d – диаметр вертикального электрода, м;

T – заглубление - расстояние от поверхности земли до заземлителя, м;

$$T = \frac{L}{2} + t;$$

t – заглубление верха электрода, м

$$T = \frac{2,5}{2} + 0,4 = 1,65 \text{ м.}$$

$$R_{\text{верт}} = \frac{100}{2 * 3,14 * 3} \left(\ln \frac{2 * 3}{0,014} + 0,5 * \ln \frac{4 * 2 + 3}{4 * 2 - 3} \right) = 2,49 \text{ Ом.}$$

Полное сопротивление заземляющего устройства:

$$R_{\text{зв}} = \frac{1}{k_{\text{исп гр}} * \sum_{i=1}^n \frac{n_i}{R_i}}$$

Где:

n – количество комплектов

$k_{\text{исп}}$ – коэффициент использования

$$R_{\text{зв}} = \frac{1}{0,69 * \left(\frac{6}{34,25} + \frac{1}{2,49} \right)} = 3,52 \text{ Ом.}$$

Расчетное сопротивление заземляющего устройства составляет 3,52 Ом, что меньше допустимого сопротивления 10 Ом согласно ПУЭ, РД34.21.122-87 [1]. Чертеж проекта представлен в приложении.

Заключение

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы был проведен комплексный анализ системы электроснабжения ООО «ВолгаГофроПак+», анализ и проверка электрических счетчиков, установленных на КТП35/04 и электрических распределительных шкафах ПР1 – ПР5, анализ системы АСКУЕ учета электроэнергии, системы внутреннего установок освещения. Проведена полная инвентаризация электроприемников цеховых, бытовых и административных помещений предприятия, которая позволила составить полную диаграмму электропотребления объекта. Проведен анализ качества электроэнергии, получены суточные графики потребляемого напряжения и тока, также выполнены инструментальные обследования системы электроснабжения – осмотр трансформатора ТГМ 2500, кабелей и низковольтных шин при помощи тепловизора. Разработан проект замены неэффективных люминисцентных установок освещения на более эффективные LED, исполнение которого позволит повысить энергоэффективность и снизить электропотребление объекта и финансовые затраты на электроэнергию. Инвестиции в проект составляют примерно 726,8 тыс. руб. Прибыль, получаемая от внедрения проекта, составит 299,7 тыс. руб./год.

Были произведены расчеты новых электрических нагрузок, добавленных при расширении производства. Определена новая требуемая мощность силового трансформатора – 4000 кВА. Требуется замена установленного трансформатора. Увеличение мощности трансформатора на КТП 35 0,4 приведет к необходимости пересмотра загрузки установленного силового трансформатора на ПС «Комсомольская» 110/35/10 и возможной ее реконструкции.

Так как объектом выполнены не все требования электробезопасности согласно ГОСТ Р 50571, ГОСТ 50669-94[22] был выполнен проект молниезащиты и заземления здания склада.

Список используемых источников

1. Правила устройства электроустановок. 7-е издание. – Новосибирск: Сибирское Университетское Издательство, 2009.
2. ГОСТ Р 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – Введ. 2014-01-07. – М. : Стандартинформ, 2013.
3. Федеральный закон РФ «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности» №262-ФЗ от 23 ноября 2011 г.
4. Методика проведения инструментальных обследований при энергоаудите. - Н.Новгород: НИЦЭ, 2012.
5. СП 52.13330.2011. Естественное и искусственное освещение. - М.: 2011.
6. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278 – 03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. - М.: Изд-во ЭНАС, 2003.
7. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок. – М.: Издательство «Омега-Л», 2007.
8. Киреева, Э.А. Электрооборудование электрических станции и подстанций / Э.А. Киреева. – М.: КНОРУС, 2017. Вагин, Г.Я. Методика нормирования расхода электроэнергии предприятий / Под общ. ред. Г.Я. Вагина – Г. Новгород : Изд-во НГТУ, 2016.
9. Быстрикин, К.А. Метод расчета естественного освещения помещений с учетом света, отраженного территорией, и определение экономической эффективности / К.А. Быстрикин // Светотехника. - 2014.- №10. – С. 32-33.
10. Управление качеством электроэнергии / И.И. Карташев, В.Н. Тульский Р.Г., Шамонов и др.; под ред. Ю.В. Шарова. 3-е изд. - М.: Издательский дом МЭИ, 2017.

11. Техника безопасности в электроэнергетических установках/ Под ред. П.А. Долина. – М. : Энергоатомиздат, 2015.
12. Конюхова, Е.А. Электроснабжение : учебник для вузов / Е.А. Конюхова. – М. : Издательский дом МЭИ, 2014.
13. Управление качеством электроэнергии / И.И. Карташев, В.Н. Тульский Р.Г., Шамонов и др.; под ред. Ю.В. Шарова. 3-е изд. - М.: Издательский дом МЭИ, 2017.
14. Техника безопасности в электроэнергетических установках/ Под ред. П.А. Долина. – М. : Энергоатомиздат, 2015
15. Сибикин, Ю.Л. Электроснабжение промышленных предприятий и установок /Ю.Л. Сибикин, М.Ю. Сибикин, В.А. Яшков; под общ. ред. В.А. Яшкова. – М. : ФОРУМ, 2017.
16. Bagginl, A. Handbook of Power Quality / A. Bagginl. - John Wiley and Sons Ltd, 2008.
17. George, J. Power Systems Harmonic. Fundamentals Analysis and Filter Design / J. George. Springer-Verlag, 2011.
18. Каталог продукции ЗАО «Элеткрокабель» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cable.ru/zavod/elektrokabel>
19. Каталог продукции Light Technologies [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www. lighttechnologies.ru/lt/pdf](http://www.lighttechnologies.ru/lt/pdf)
20. Каталог продукции компании «Legrand» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.legrand.com/ME_po.htm
21. Серия действующих стандартов ГОСТ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.consultelectro.ru/page/50571>
22. Инструкция по устройству молниезащиты и заземления РД 34.21.122 [Электронныйресурс] Режим доступа: <https://zandz.com/ru/pravila>
23. Каталог продукции «ВолгаГофроПак+» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vgp63.ru/>