

Аннотация

Название выпускной квалификационной работы: Реконструкция системы электроснабжения ВЗАО «Гидроспецстрой».

Работа состоит из пояснительной записки объёмом 59 страниц, включая 10 таблиц, список используемой литературы и источников, состоящий из 20 наименований, аннотацию на английском языке, 2 приложения, а также 6 чертежей формата А1. Объектом данной работы является малое предприятие строительного сектора.

Основными разделами данной работы являются: описание рассматриваемого объекта проектирования, выбор номинального напряжения, расчёт силовых и осветительных нагрузок предприятия, выбор трансформаторов КТП с учётом компенсации реактивной мощности, составление картограммы нагрузок предприятия и нахождение центра электрических нагрузок, реконструкция системы освещения предприятия и внедрение системы АСКУЭ.

Abstract

The topic of the given diploma paper is “Reconstruction of the power supply system of VZAO Hidrospetstroy”.

The diploma paper consists of an explanatory note on 59 pages, introduction, including 10 tables, the list of 20 references including 5 foreign sources and 2 appendices, and the graphic part on 6 A1 sheets.

The object of the graduation work is a small construction company, founded in 1961.

The key issue of the diploma paper is a replacement of the outdate electrical equipment.

The work begins with the statement of the problem and logically passes over to its possible solutions. We first analyze the electrical loads in the enterprise. The components of these loads are loads of electrical receivers and lighting loads. Next, we elucidate which transformer is the most suitable for the supply of this enterprise. A comparison between a single-transformer and a two-transformer substation. In the final analysis the choice was made in favor of a single transformer of a complete transformer substation.

The special part of the project gives details about obsolete lighting system in the VZAO Hidrospetstroy. We conducted a study if it is appropriate to reconstruct a lighting system. The analysis resulted with the substantiation of the impossibility of realizing this reconstruction.

In conclusion we would like to stress that the purpose of the thesis was achieved in full.

The implementation of this work allows us to use the issues discussed in it in the future modernization projects at the production facilities of VZAO Hidrospetstroy.

Содержание

Введение.....	5
1. Описание рассматриваемого объекта проектирования.....	8
2. Выбор номинального напряжения	10
3. Расчёт электрических нагрузок по предприятию	12
3.1 Расчёт электрических нагрузок объектов без учёта освещения	12
3.2 Приведение нагрузок однофазных ЭВМ административного здания к условной трёхфазной мощности	20
3.3 Расчёт осветительной нагрузки	28
4 Выбор трансформаторов комплектной трансформаторной подстанции с учётом компенсации реактивной мощности	33
5.Определение местоположения подстанции.....	42
5.1 Расчёт центра электрических нагрузок и построение картограммы нагрузок подстанции.....	42
5.2 Расчёт потерь в отходящих линиях 0,4 кВ	46
6.Предложения по энергосбережению.....	49
6.1 Реконструкция системы освещения предприятия.....	49
6.2 Внедрение системы АСКУЭ на предприятие	53
Заключение	55
Список используемой литературы и источников	57
Приложение А	60
Приложение Б.....	61

Введение

Для Российской федерации электроэнергетика является безусловно важнейшей отраслью ввиду того, что на территории страны находится огромное количество промышленных предприятий. Мощные агрегаты, станки и электродвигатели, с помощью которых предприятия производят внушительные объёмы продукции ежедневно, потребляют очень большое количество электрической энергии. Этот факт и придаёт всей электроэнергетике, как отрасли, смысл, и толкает её развитие дальше. Но не только промышленность является потребителем электрической энергии.

Электроэнергия проходит немалый путь от своего производства до конечного потребителя. Её выработка осуществляется посредством преобразования других видов энергии. Гидроэлектростанции производят электроэнергию с помощью гидрогенераторов, турбины которых вращаются под воздействием естественного падения потока воды. Теплоэлектростанции или ТЭС, вырабатывают электроэнергию за счёт сгорания природного газа или ископаемого топлива, пары которого вращают турбины парогенераторов. На атомных электростанциях данный процесс происходит следующим образом: урановые стержни, являющиеся радиоактивными материалами, посредством процесса распада, осуществляют нагрев жидкости, которая, уже в другом агрегатном состоянии, воздействует на турбину парогенератора и тем самым происходит выработка электроэнергии. Существуют так же и другие способы производства электроэнергии, такие как производство на ветровых электростанциях, солнечных электростанциях, но, в конечном счёте, её доставка конечному потребителю осуществляется аналогично.

Дальше выработанная электроэнергия проходит процесс трансформации на более высокий класс напряжения для того, чтобы её можно было без лишних потерь передавать на большие расстояния. И, посредством электрических сетей, энергия доставляется до места назначения. Она проходит ещё один

процесс трансформации, чтобы быть пригодной для питания потребителей и распределяется между подстанциями.

От подстанций электроэнергия отходит посредством воздушных или кабельных электрических сетей.

В рамках данной выпускной квалификационной работы, рассматриваемое предприятие Волжское закрытое акционерное общество «Гидроспецстрой», запитывается как раз кабельной линией 6 кВ от подстанции «МИС» 110/10/6 кВ. Высоковольтная кабельная линия подключается к однотрансформаторной КТП мощностью 400 КВА и дальше электроэнергия уже распределяется по предприятию сетями 0,4 кВ.

Необходимо кратко изложить историю предприятия. Волжское ЗАО «Гидроспецстрой» было образовано по приказу Министерства строительства №64 от 15 февраля 1957 года в посёлке Комсомольск Куйбышевской области. Основной целью основания предприятия был план производства работ по цементации и водопонижению. Но спустя небольшой промежуток времени, с началом строительства Саратовской ГЭС, предприятие начало разрастаться и был основан Саратовский филиал в городе Балаково.

Предприятие, находившееся тогда ещё у своего истока, осуществляло строительство Волжского серного комбината, Саратовской ГЭС и вскоре приступило к строительству Волжского автозавода, которое в то время называли Всесоюзной ударной комсомольской стройкой.

За годы существования, предприятие проводило строительство большого количества значительных для страны объектов, в числе которых: Куйбышевская ТЭЦ, Оренбургский газоперерабатывающий завод, Чебоксарская ГЭС, Чебоксарская ТЭЦ-2 и ТЭЦ-3. Производилось расширение корпусов Волжского автозавода, строительство Балаковской АЭС, Загорской ГАЭС. Силами предприятия был внесён вклад в ликвидацию последствий аварии на Чернобыльской АЭС.

Также предприятие участвовало в строительстве большого количества зарубежных объектов. Работы осуществлялись на гидроузлах Египта, Сирии,

Афганистана, Ирака, Ирана, Вьетнама, Марокко, Эфиопии, АЭС Хурагуа на территории Кубы, АЭС Бушира в Иране, АЭС Куданкулам в Индии и на объектах в Йемене и Монголии.

Повышение надёжности системы электроснабжения ВЗАО «Гидроспецстрой» является целью данной выпускной квалификационной работы.

В задачи работы входит: расчет силовых электрических нагрузок; расчет нагрузок освещения; выбор числа и мощности трансформаторов на КТП предприятия, совмещённый с расчётом реактивной мощности и выбором компенсирующих устройств; вынести предложения по экономии электроэнергии.

1 Описание рассматриваемого объекта проектирования

Объект проектирования, ВЗАО «Гидроспецстрой», представляет из себя строительное предприятие, общая площадь которого составляет 39371 м². На территории предприятия располагается 16 отдельно-стоящих сооружений. Ниже представлен перечень объектов:

1. Диспетчерская. Служит для осуществления контрольно-пропускной системы на предприятии;
2. Административное здание. Является центром управления предприятия, в котором также располагаются бухгалтерия, отдел проектирования и отдел кадров;
3. Гаражи для легковых автомобилей и производственно-бытовые помещения.
4. Склад тольяттинского филиала.
5. Моторный цех. На данном объекте производятся работы по ремонту двигателей внутреннего сгорания.
6. Сварочный цех. На внутреннем пространстве цеха и двух наружных постах производятся сварочные работы ручной дуговой и газовой сваркой.
7. Ремонтный цех. Наименование на плане общего здания, площадь которого разделена стеной на токарный и автомобильный цеха.
8. Кузнечный цех. Ориентирован на проведение кузнечных работ.
9. Склад ГСМ. Площадь под навесом, на территории которой осуществляется хранение горюче-смазочных материалов и заправка транспортных средств.
10. Производственный цех. Его площадь делится на столярный цех, аккумуляторную, гараж для грузовых автомобилей, бытовые помещения и электроцех.
11. Складские помещения.

Все объекты предприятия запитываются по радиальной схеме электроснабжения от тупиковой комплектной трансформаторной подстанции 6/0,4 кВ, с одним масляным трансформатором марки ТМГ, номинальной мощностью 400 КВА. Данный трансформатор уже сейчас не соответствует нагрузкам предприятия и, посредством его замены, предприятие получит возможность ввести в работу ряд резервных станков.

Также устаревшей можно считать систему освещения предприятия. На территории повсеместно используются ртутные лампы, которые, не смотря на свои сравнительно неплохие характеристики, являются небезопасными для окружающей среды, и, к тому же, требуют по окончании своего срока службы обязательной утилизации, что приводит к дополнительным затратам.

2 Выбор номинального напряжения

Выбор номинального напряжения, в электроснабжении, должен безусловно проводиться для любого типа электрических приёмников.

Данный процесс предусматривает определение необходимого напряжения питания для потребителей. Для питания различных объектов рассматриваются разные величины напряжения и учитываются общие рекомендации.

Номинальное напряжение делится на внутреннее и внешнее. И, чем больше величина передаваемого напряжения, тем на большее расстояние её можно передавать. Все сети делятся на сети до 1 кВ и свыше 1 кВ. Сети до 1 кВ, относятся к внутренним сетям, свыше 1 кВ, к внешним.

Ниже, в таблице 2.1 представлены напряжения, применяемые во внутренних и внешних сетях.

Во внешних сетях, свыше 1000 В, применяются напряжения: 6 кВ, 10 кВ, 20кВ, 35 кВ, 110 кВ, 220 кВ, 330 кВ, 500 кВ, 750 кВ.

Во внутренних сетях до 1000 В, применяются напряжения:

-220/127 В;

-380/220 В;

-660/380 В.

Сети с напряжением 330 кВ, а иногда и 500 кВ, используются для электроснабжения очень больших энергоёмких предприятий, в качестве подводимых линий. Напряжения 110 кВ и 220 кВ используются, также, для крупных предприятий. Напряжение 35 кВ используется для определенных электроприемников, с номинальным напряжением 35 кВ, на больших предприятиях, и выступает как основное напряжение на средних предприятиях. Напряжение 6 кВ, обычно, используется на предприятиях, где номинальное напряжение приёмников составляет 6 кВ, и в городских сетях старого образца. Напряжение 10 кВ используется для запитки городов и средних предприятий.

На данном предприятии питание осуществляется кабельной линией 6 кВ от подстанции «МИС» 110/10/6 кВ. Все электроприёмники на предприятии питаются от КТП, трансформирующей 6 кВ в 0,4 кВ. Электроприёмники, для питания которых требуется номинальное напряжение свыше 1 кВ на данном предприятии отсутствуют. Напряжение 380 В используется для питания трёхфазных электроприёмников, мощных станков, и однофазных электроприёмников, включённых на линейное напряжение, а напряжение 220 В применяется для питания однофазных электроприёмников, включённых на фазное напряжение, а также для питания осветительной нагрузки.

3 Расчёт электрических нагрузок по предприятию

Для предстоящего выбора оборудования, проведём расчёт электрических нагрузок по [6]. ВЗАО «Гидроспецстрой» питается от однотрансформаторной комплектной трансформаторной подстанции по радиальной схеме. Питание от трансформатора подходит к распределительным пунктам (РП), а далее уже отходит к потребителям. На территории предприятия можно выделить девять узлов питания, занесём данные о них в таблицу 3.1.

Таблица 3.1 - Сопоставление узлов питания и объектов.

Распределительный пункт	Питаемые объекты
РП-4	По магистральной схеме запитаны электроприёмники токарного цеха и его бытовые помещения
РП-6	Автомобильный цех. А также, пристроенный к зданию ремонтной мастерской сварочный пост
РП-9	Кузнечный цех
РП-1	Сварочный цех
РП-8	Моторный цех
РП-12	Столярная мастерская и аккумуляторная
РП-3	Гараж для грузовых автомобилей, бытовые помещения, находящиеся в том же здании, и электроцех
КТП	Запитывающийся напрямую от КТП, склад ГСМ
РП-АД	Административное здание

Из имеющихся узлов выберем один и проведём подробный расчёт нагрузок для того, чтобы показать, каким образом он осуществляется.

3.1 Расчёт электрических нагрузок объектов без учёта освещения

Подробный расчёт проведём для ремонтного цеха. Ниже, в таблице 3.2, представлен перечень оборудования предприятия с указанием паспортной мощности электроприёмников.

Таблица 3.2 – Перечень оборудования предприятия.

Объект	Наименование электрооборудования	Р_{насп}, кВт	Примечание
1	2	3	4
Ремонтный цех	Станок токарно-винторезный	23,62	
	Гибочный станок	0,75	
	Пресс гидравлический одностоечный	7,5	
	Станок консольно-фрезерный вертикальный	9,825	
	Ножницы гильотинные кривошипные	11	
	Станок токарно-винторезный	12,025	
	Станок фрезерный	2,32	
	Станок токарно-винторезный	12,025	
	Станок трубонарезной	16,22	
	Станок вертикально-сверлильный	4,5	
	Станок вертикально-сверлильный	4	
	Станок точильно-шлифовальный	2,75	
	Станок электромеханический для гибки арматурной стали	3	

Продолжение таблицы 3.2

	Таль электрическая	1,7	ПВ=25%
	Кран-балка	6	ПВ=40%
	Станок циркулярный	2,8	1-фазный ДР
Автомобильный цех	Вентиляция приточно-вытяжная	10	
	Компрессор гаражный	11	
	Таль электрическая	1,5	
Кузнечный цех	Пневмомолот	22	
	Компрессор гаражный	11	
Сварочный цех	Выпрямитель сварочный многопостовой	102	ПВ=60%
	Сварочный выпрямитель двухпостовой	29	ПВ=60%
Моторный цех	Сверлильный станок	0,5	
	Компрессор гаражный	11	
	Таль электрическая	0,35	
Столярный цех	Станок комбинированный	1,1	
	Вытяжная установка Циклон	10	
	Станок обдирочно-шлифовальный	7	
	Станок рейсмусовый	8,6	
	Циркулярный станок	2,8	1-фазный ДР
	Печь техническая	2,6	1-фазный ДР
Аккумуляторная	Зарядная станция	1	
	Дестиллятор	1	
Гараж для грузовых машин	Электropечь	12	
	Вытяжная вентиляция	6	
Электроцех	Печь для просушки	30	

Продолжение таблицы 3.2

	Печь обжига	30	
	Таль электрическая 0,5 т	0,35	
	Таль электрическая 1 т	1,5	
	Станок намоточный	0,25	
Склад ГСМ	Заправочная станция	0,25	

Проведём подробный расчёт электрических нагрузок для ремонтного цеха.

Для начала, произведём приведение паспортных мощностей однофазных ДР к условной трёхфазной мощности и приёмников ПКР к длительному режиму.

Приведём приёмники ПКР к длительному режиму по следующей формуле:

$$P_n = P_{\text{пасп}} \cdot \overline{ПВ} \quad (3.1)$$

Используя формулу (3.1), приведём приёмники ПКР к длительному режиму:

Для тали электрической:

$$P_n = 1,7 \cdot \overline{0,25} = 0,85 \text{ кВт.}$$

Для кран-балки:

$$P_n = 6 \cdot \overline{0,4} = 3,79 \text{ кВт.}$$

Приведём 1-фазные ДР к условной трёхфазной мощности по формуле (3.2):

Для станка циркулярного:

$$P_y = 3 \cdot P_{\text{нб.ф}} \quad (3.2)$$

$$P_y = 3 \cdot 2,8 = 8,4 \text{ кВт.}$$

Далее начнём расчёт электрических нагрузок. Для подробного расчёта выберем один электроприёмник – станок токарно-винторезный 1Н62 с паспортной мощностью 23,62 кВт. Данные, полученные в результате расчёта, будем заносить в таблицу 3.3.

В первой графе указываем название электроприёмника и его модель.

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

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.

В графе номер 5 указывается величина m , влияющая на определение эффективного числа электроприёмников. Она вычисляется для узла в целом по формуле (3.1) в соответствии с методикой расчёта электрических нагрузок:

$$m = \frac{P_{\text{н наиб}}}{P_{\text{н наим}}}, \quad (3.3)$$

где $P_{\text{н наиб}}$ – номинальное значение активной мощности наибольшего электроприёмника в узле, а $P_{\text{н наим}}$ – номинальное значение активной мощности наименьшего ЭП в узле.

По формуле (3.3) определяем значение m и записываем в графу 5 в соответствии с этим значением >3 или ≤ 3 . Для узла 1:

$$m = \frac{23,62}{0,75} = 31,49 > 3.$$

Отсюда следует, что в графу 5 заносим значение >3 .

В графу 6 записывается значение коэффициента использования, который берётся из справочных данных. В случае с выбранным для расчёта ЭП, значение $K_{\text{и}}$ равно 0,12.

Аналогично, руководствуясь справочными данными, заполняется графа 7. Здесь указываются в числителе значение $\cos \varphi$, а в знаменателе $\operatorname{tg} \varphi$. Для станка токарно-винторезного 1Н62 значения заносятся в следующем виде: $\frac{0,5}{1,73}$.

Последние графы, заполняющиеся для каждого отдельного электроприёмника, 7 и 8 – это значения среднесменных нагрузок. Вычисления производятся по формулам (3.4) и (3.5), следуя методике расчёта:

$$P_{\text{см}} = K_{\text{и}} \cdot P_{\text{н}}, \quad (3.4)$$

$$Q_{\text{см}} = P_{\text{см}} \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (3.5)$$

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

Произведём расчёт по формулам (3.4) и (3.5) для выбранного ЭП:

$$P_{\text{см}} = 0,12 \cdot 23,62 = 2,83 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{см}} = 2,83 \cdot 1,73 = 4,9 \text{ квар}.$$

Занесём полученные результаты в графы 7 и 8 соответственно и закончим на этом расчёт для отдельных ЭП.

Следующим шагом переходим к расчёту нагрузок для узла в целом.

Графа 10 заполняется значением $n_{\text{э}}$ – эффективного числа электроприёмников. Для его отыскания, необходимо определить итоговое значение коэффициента использования по формуле (3.6) для всего узла 1.

$$K_{\text{и}} = \frac{\Sigma P_{\text{см}}}{\Sigma P_{\text{н}}}, \quad (3.6)$$

где $\Sigma P_{\text{см}}$ – итоговое значение среднесменной активной нагрузки для узла, а $\Sigma P_{\text{н}}$ – итоговое значение номинальной активной мощности всех электроприёмников узла.

Вычислим по формуле (3.6) значение коэффициента использования для всего узла 1:

$$K_{\text{и}} = \frac{20,56}{134,6} = 0,153.$$

Исходя из полученного значения коэффициента использования $K_{\text{и}} < 2$, делаем вывод, что эффективное число электроприёмников в таком случае определяется в соответствии со следующей методикой:

Если $K_{\text{и}} < 2$, то эффективное число ЭП определяется в следующем порядке: выбирается наибольший по номинальной мощности ЭП рассматриваемого узла, выбираются наиболее крупные ЭП, номинальная мощность каждого из которых равна или больше половины мощности наибольшего ЭП, и для них подсчитывается число n_1 и суммарная мощность p_{n1} , затем подсчитывается суммарная номинальная мощность всех ЭП рассматриваемого узла p_n и находятся относительные значения $n_{1*} = n_1/n$ и $p_{1*} = p_{n1}/p_n$; по полученным значениям n_{1*} и p_{1*} по кривым сначала определяется $n_{э*}$, а затем $n_{э} = n_{э*} \cdot n$.

Наиболее крупный ЭП в узле: станок токарно-винторезный 1Н62, имеющий номинальную мощность 23,62 кВт. Необходимо выбрать также и электроприёмники, номинальная мощность которых равна не менее, чем половине от мощности наиболее крупного ЭП. Такие электроприёмники представлены далее: станок токарно-винторезный 1К62, номинальной мощностью 12,025 кВт, и станок трубонарезной 9М14, имеющий номинальную мощность 16,22 кВт. Так как в узле запитывается три станка 1К62, то n_1 – количество крупных ЭП в узле, будет равно 5. Следовательно, суммарная мощность этих электроприёмников будет равна $p_{n1} = 75,915$ кВт.

Далее необходимо найти относительные значения n_{1*} и p_{1*} . Для их нахождения, в соответствии с методическими указаниями, необходимо вычислить итоговое количество всех электроприёмников узла и итоговое значение номинальных мощностей всех ЭП узла 1.

Так, получаем $p_{1*}=0,29$ и $p_{1*}=0,564$. По кривым, представленным в приложении А, определяем значение $p_{3*} = 0,65$. Отсюда вычисляем значение эффективного числа электроприёмников: $p_3 = 11$.

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 посредством использования таблицы «Определение $K_{ма}$ в зависимости от $K_{и}$ и p_3 », представленной в приложении Б. В результате, для узла 1, $K_{ма} = 1,99$. Далее, руководствуясь полученным количеством эффективных электроприёмников, определяется коэффициент максимума для реактивной мощности. Для узла 1 $K_{мр}$ получается равным 1.

Следующими шагами являются вычисления расчётных мощностей для узла 1. По формулам (3.7), (3.8) и (3.9) вычисляются расчётные активная, реактивная и полная мощности соответственно.

$$P_p = K_{ма} \cdot P_{см}, \quad (3.7)$$

$$Q_p = K_{ма} \cdot Q_{см}, \quad (3.8)$$

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}, \quad (3.9)$$

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 узла 1 становится заполнение графы номер 15 – значение тока по узлу, вычисляемого по формуле (3.10).

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{н.л}}, \quad (3.10)$$

где I_p – расчётный ток для узла,

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

На этом расчёт нагрузок без учёта освещения для узла 1 окончен.

3.2 Приведение нагрузок однофазных ЭВМ административного здания к условной трёхфазной мощности

Также, подробно рассмотрим приведение однофазных нагрузок ЭВМ административного здания к условной трёхфазной мощности.

Мощность одного компьютера составляет 450 Вт. Всего – 25 компьютеров. Так как компьютеры, находящиеся в рабочих кабинетах административного здания, подключены на фазное напряжение, вычислим мощности фаз по следующей формуле:

$$P_{\phi} = N \cdot P_{\text{эп}}, \quad (3.11)$$

где P_{ϕ} – мощность фазы;

N – количество электроприёмников;

$P_{\text{эп}}$ – мощность отдельного электроприёмника.

По формуле (3.11) производим следующие вычисления:

мощность фазы А:

$$P_A = 9 \cdot 0,45 = 4,05 \text{ кВт},$$

мощность фазы В:

$$P_B = 8 \cdot 0,45 = 3,6 \text{ кВт},$$

мощность фазы С:

$$P_C = 8 \cdot 0,45 = 3,6 \text{ кВт}.$$

Определим неравномерность загрузки фаз, по следующей формуле

$$H = \frac{P_{\phi.\text{нб.}} - P_{\phi.\text{нм}}}{P_{\phi.\text{нм}}} \cdot 100\%. \quad (3.12)$$

Далее необходимо определить как полученный результат неравномерности загрузки отличается от 15%. В зависимости от этого определяется способ вычисления условной трёхфазной мощности электроприёмников.

Найдём по формуле (3.12) неравномерность загрузки фаз:

$$H = \frac{4,05 - 3,6}{3,6} \cdot 100\% = 12,5\%.$$

В результате: $H = 12,5\% < 15\%$, отсюда следует, что условная трёхфазная мощность вычисляется посредством суммирования всех однофазных нагрузок:

$$P_y^{(3)} = P_A + P_B + P_C. \quad (3.13)$$

Вычислив мощность по формуле (3.13), получаем значение условной трёхфазной мощности для всех компьютеров административного здания:

$$P_y^3 = 11,25 \text{ кВт}.$$

Далее проведём аналогичный расчёт для остальных узлов и, руководствуясь полученными данными, составим сводную ведомость нагрузок по предприятию, которая будет представлена ниже, в таблице 3.3.

Таблица 3.3 - Сводная ведомость нагрузок по КТП.

Наименование узлов питания и электроприёмников	Кол. ЭП	Установленная мощность, Р _{ном} (ПВ=100%)		m	Ки	$\frac{\cos \varphi}{tg \varphi}$	Среднесменная нагрузка		n, г/год	$\frac{K_{ma}}{K_{mp}}$	Расчётная нагрузка			I _p , А
		P _{min} – P _{max} , кВт	P _{номΣ} , кВт				P _{смз} , кВт	Q _{смз} , квар			P _p , кВт	Q _p , квар	S _p , КВ·А	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
РП4														
Станок токарно-винторезный 1Н65	1	23,62	23,62	>3	0,12	$\frac{0,5}{1,73}$	2,83	4,9	11	$\frac{1,99}{1}$	40,919	29,257	50,302	76,517
Гибочный станок СГ-60/ЗРИ	1	0,75	0,75		0,15	$\frac{0,65}{1,17}$	0,11	0,13						
Пресс гидравлический одностоечный П6324	1	7,5	7,5		0,25	$\frac{0,65}{1,17}$	1,88	2,19						
Станок консольно-фрезерный вертикальный 6М12П	1	9,825	9,825		0,15	$\frac{0,65}{1,17}$	1,47	1,72						
Ножницы гильотинные кривошипные НГ-6,3/2000	1	11	11		0,22	$\frac{0,65}{1,17}$	2,42	2,83						
Станок токарно-винторезный 1К62	3	12,025	36,075		0,12	$\frac{0,5}{1,73}$	4,33	7,49						
Станок фрезерный 6М76П	1	2,32	2,32		0,14	$\frac{0,5}{1,73}$	0,32	0,56						

Продолжение таблицы 3.3

Станок трубонарезной 9М14	1	16,22	16,22	>3	0,14	$\frac{0,6}{1,33}$	2,27	3,02	11	$\frac{1,99}{1}$	40,919	29,257	50,302	76,517
Станок вертикально- сверлильный 2А135	1	4,5	4,5		0,12	$\frac{0,4}{2,29}$	0,54	1,24						
Станок вертикально- сверлильный 2С50	1	4	4		0,12	$\frac{0,4}{2,29}$	0,48	1,1						
Точильно- шлифовальный станок ВЗ-879-01	1	2,75	2,75		0,13	$\frac{0,5}{1,73}$	0,36	0,62						
Станок электромеханический для гибки арматурной стали СГА-1	1	3	3		0,15	$\frac{0,65}{1,17}$	0,45	0,53						
Таль электрическая ТЭ1-511	1	0,85	0,85		0,4	$\frac{0,8}{0,75}$	0,34	0,26						
Кран-балка	1	3,79	3,79		0,35	$\frac{0,8}{0,75}$	1,33	0,99						
Циркулярный станок W0702	1	8,4	8,4		0,17	$\frac{0,65}{1,17}$	1,43	1,67						
Итого по РП-4	17	0,75- 23,62	134,6	>3	0,153	$\frac{0,575}{1,423}$	20,56	29,26	11	$\frac{1,99}{1}$	40,919	29,257	50,302	76,517
РП-6														
Приточно-вытяжная вентиляция	1	10	10	>3	0,8	$\frac{0,8}{0,75}$	8	6	3	$\frac{1,32}{1,1}$	20,59	13,35	24,54	37,33

Продолжение таблицы 3.3

Компрессор гаражный С416м	1	11	11		0,65	$\frac{0,8}{0,75}$	7,15	5,36						
Таль Электрическая ТЭ1-511	1	1,5	1,5		0,3	$\frac{0,5}{1,73}$	0,45	0,78						
Итого по РП-6	3	1,5-11	22,5	>3	0,69	$\frac{0,79}{0,778}$	15,6	12,14	3	$\frac{1,32}{1,1}$	20,59	13,35	24,54	37,33
РП-9														
Пневмомолот	1	22	22	<3	0,24	$\frac{0,65}{1,17}$	5,28	6,118	2	$\frac{2,48}{1,1}$	30,83	12,7	33,34	50,71
Компрессор гаражный С416м	1	11	11		0,65	$\frac{0,8}{0,75}$	7,15	5,363						
Итого по РП-9	2	11,0-22,0	33	<3	0,377	$\frac{0,733}{0,928}$	12,43	11,54	2	$\frac{2,48}{1,1}$	30,83	12,7	33,34	50,71
РП-1														
Выпрямитель сварочный многопостовой ВДМ1201	1	51,4	51,4	>3	0,3	$\frac{0,35}{2,58}$	15,42	39,78	2	$\frac{2,48}{1,1}$	48,29	55,26	73,38	111,6
Сварочный выпрямитель двухпостовой ВД-2х406СЭ	1	13,5	13,5		0,3	$\frac{0,35}{2,58}$	4,05	10,45						
Итого по РП-1	2	13,5-51,4	64,9	>3	0,3	$\frac{0,361}{2,58}$	19,47	50,23	2	$\frac{2,48}{1,1}$	48,29	55,26	73,38	111,6
РП-8														

Продолжение таблицы 3.3

Станок сверлильный B17Pro	1	1,5	1,5	>3	0,12	$\frac{0,4}{2,3}$	0,18	0,414	2	$\frac{1,57}{1,1}$	11,6	6,4	13,24	20,14
Компрессор гаражный C416m	1	11	11		0,65	$\frac{0,8}{0,75}$	7,15	5,36						
Таль электрическая ТЭ-050	1	0,35	0,35		0,15	$\frac{0,8}{0,75}$	0,05	0,04						
Итого по РП-8	3	0,35-11	12,85	>3	0,575	$\frac{0,786}{0,788}$	7,38	5,82	2	$\frac{1,57}{1,1}$	11,6	6,4	13,24	20,14
РП-12														
Станок комбинированный Корвет-101	1	1,1	1,1	>3	0,12	$\frac{0,4}{2,3}$	0,13	0,3	7	$\frac{1,6}{1,1}$	22,42	12,97	27,65	42,1
Вытяжная установка Циклон	1	10	10		0,8	$\frac{0,8}{0,75}$	8	6						
Станок обдирочно- шлифовальный ТШ4	1	7,5	7,5		0,2	$\frac{0,65}{1,17}$	1,4	1,64						
Станок рейсмусовый СР-6-9	1	8,6	8,6		0,14	$\frac{0,65}{1,17}$	1,2	1,41						
Циркулярный станок W0702	1	8,4	8,4		0,17	$\frac{0,65}{1,17}$	0,48	0,56						
Печь техническая ПЭТ-4	1	4,5	4,5		0,6	$\frac{1}{0}$	2,7	0						

Продолжение таблицы 3.3

Дестиллятор	1	2	2		0,12	$\frac{0,4}{2,3}$	0,24	0,55						
Зарядная станция	1	1	1		0,06	$\frac{0,5}{1,73}$	0,06	0,1						
Итого по РП-12	8	1,1-10	37	>3	0,354	$\frac{0,79}{0,77}$	15,26	11,79	7	$\frac{1,6}{1,1}$	22,42	12,97	27,65	42,1
РП-3														
Электропечь KARINA	1	12	12	>3	0,6	$\frac{0,95}{0,33}$	7,2	2,38	5	$\frac{1,37}{1,1}$	65,3	14,73	66,9	101,8
Вытяжная вентиляция	1	6	6		0,65	$\frac{0,8}{0,75}$	3,9	2,93						
Печь для просушки	1	30	30		0,6	$\frac{0,98}{0,2}$	18	3,6						
Печь обжига TR 44	1	30	30		0,6	$\frac{0,98}{0,2}$	18	3,6						
Таль электрическая ТЭ-050	1	0,35	0,35		0,15	$\frac{0,8}{0,75}$	0,05	0,04						
Таль электрическая ТЭ1-511	1	1,5	1,5		0,3	$\frac{0,5}{1,73}$	0,45	0,78						
Станок намоточный СУН-0,25	1	0,25	0,25		0,12	$\frac{0,4}{2,3}$	0,03	0,07						
Итого по РП-3	7	0,25-30	80,1	>3	0,595	$\frac{0,96}{0,28}$	47,63	13,4	5	$\frac{1,37}{1,1}$	65,3	14,73	66,9	101,8
РП-К														
Заправочная станция	1	0,75	0,75	<3	0,12	$\frac{0,4}{2,3}$	0,09	0,21			0,09	0,21	0,427	0,65

Продолжение таблицы 3.3

РП-АД														
Средства ЭВМ	25	0,45	11,25	<3	0,6	$\frac{0,65}{1,17}$	6,75	7,91	25	$\frac{1,14}{1}$	7,695	7,896	11,03	16,77
Итого по КТП без учёта освещения	68	0,25-30	391,8	>3	0,353	$\frac{0,72}{0,97}$	138,43	134,38	58	$\frac{1,14}{1}$	249,95	152,79	300,81	457,6

3.3 Расчёт осветительной нагрузки

Для окончания расчёта нагрузок, проведём расчёт осветительных нагрузок на территории ВЗАО «Гидроспецстрой».

На территории предприятия находится четырнадцать отдельно-стоящих объектов, на площадях которых организовано освещение:

1. токарный цех, площадью $577,6 \text{ м}^2$ ($19 \times 30,4$);
2. автомобильный цех – $448,4 \text{ м}^2$ ($19 \times 23,6$);
3. пристроенный сварочный пост – $103,04 \text{ м}^2$ ($6,4 \times 16,1$);
4. кузнечный цех – 108 м^2 (12×9);
5. сварочный цех – 144 м^2 (8×18);
6. моторный цех – 374 м^2 (34×11);
7. производственно-бытовое помещение, два этажа – $212,6 \times 2 \text{ м}^2$ ($((8,72 \times 24,38) \times 2)$);
8. гаражи для легковых машин – 160 м^2 (20×8);
9. административное здание, два этажа – 396 м^2 ($((12 \times 33) \times 2)$);
10. столярная мастерская – $93,6 \text{ м}^2$ ($5,2 \times 18$);
11. аккумуляторная – $70,56 \text{ м}^2$ ($3,92 \times 18$);
12. гараж для грузовых машин и бытовые помещения производственного цеха – $417,78 \text{ м}^2$ ($23,21 \times 18$);
13. электроцех – $173,9 \text{ м}^2$ ($9,66 \times 18$);
14. складские помещения – $857,4 \text{ м}^2$ ($36 \times 10,4$) + ($42 \times 11,5$);

Ниже представлены лампы, используемые на территории предприятия:

-лампы накаливания производства компании «Лисма», номинальной мощностью 60 Вт,

-лампы накаливания производства компании «ИМакс», номинальной мощностью 100 Вт,

- лампы накаливания производства компании производства компании «Лисма», номинальной мощностью 200 Вт,

- лампы дуговые ртутные HPL-N E40 производства компании PHILIPS, номинальной мощностью 250 Вт,

- лампы ртутно-вольфрамовые производства компании «Лисма», номинальной мощностью 750 Вт,

- лампы люминесцентные от компании «Philips» мощностью 18 Вт.

Используя собранные данные, составим сводную ведомость осветительной нагрузки по всей территории ВЗАО «Гидроспецстрой» и сведём полученные результаты в таблицу 3.4.

Таблица 3.4 - Расчёт осветительной нагрузки.

Функциональное назначение системы освещения	Количество светильников							Р, кВт	Q, квар	S, КВА
	С лампами накаливания			С лампами ДРЛ	С лампами ДРВ	С люминесцентными лампами	С люминесцентными лампами			
	cosφ = 0,95			cosφ = 0,95	cosφ = 0,95	cosφ = 0,95	cosφ = 0,95			
	tgφ = 0,33			tgφ = 0,33	tgφ = 0,33	tgφ = 0,33	tgφ = 0,33			
	n=1 шт			n=1 шт	n=1 шт	n=2 шт	n=4 шт			
	Р _л			Р _л	Р _л	Р _л = 18 Вт	Р _л = 18 Вт			
	60 Вт	100 Вт	200 Вт	250 Вт	750 Вт					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Токарный цех, в том числе:										
Площадь цеха				9				2,25	0,74	
Местное освещение		4				1		0,436	0,144	
Бытовые помещения							10	0,72	0,24	
Автомобильный цех, в том числе:										
Площадь цеха				8				2	0,66	
Ремонтные ямы	16							0,96	0,32	

Продолжение таблицы 3.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Пристроенный сварочный пост			3					0,6	0,198	
Кузнечный цех				4				1	0,33	
Сварочный цех				2				0,5	0,17	
Моторный цех, в том числе:										
Площадь цеха				6				1,5	0,51	
Склады		2						0,2	0,11	
Производственно-бытовое помещение и гаражи для легковых машин	7							0,42	0,14	
Административное здание, в том числе:										
Первый этаж		14					60	5,72	1,89	
Второй этаж							90	6,48	2,14	
Столярная мастерская				6				1,5	0,51	
Аккумуляторная	20							1,2	0,41	

Продолжение таблицы 3.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Гараж для грузовых машин, в том числе:										
Площадь гаража				6				1,5	0,495	
Бытовые помещения	6						7	0,86	0,28	
Электроцех				12				3	0,99	
Складские помещения	48							2,88	0,95	
Центральное ночное освещение территории					4			3	0,99	
ИТОГО	97	6	3	49	4	1	17	35,73	11,79	37,6

4 Выбор трансформаторов комплектной трансформаторной подстанции с учётом компенсации реактивной мощности

Важнейшим этапом реконструкции ВЗАО «Гидроспецстрой» является замена трансформатора, установленного на КТП предприятия. Данный трансформатор марки ТМГ-400 был установлен в самом начале жизненного цикла предприятия в 1961 году. Комплектная трансформаторная подстанция в целом с того времени сильно устарела и так же, безусловно, требует замены.

В данном пункте, руководствуясь методикой [3], производится выбор трансформаторов с учётом компенсации реактивной мощности.

Необходимые для расчёта итоговые значения нагрузок по предприятию берутся из предыдущих пунктов данной выпускной квалификационной работы. Это потребляемые предприятием, а конкретно силовым и осветительным оборудованием, активная, реактивная и полная мощности. Данные значения представлены ниже:

Силовое оборудование, установленное на предприятии, потребляет 249,95 кВт активной мощности, 152,79 квар реактивной мощности, и, также 300,81 КВ·А составляет значение полной мощности. Осветительная нагрузка потребляет 35,73 кВт активной мощности, 11,79 квар реактивной мощности и 37,6 КВ·А полной мощности.

Суммарные значения расчётных мощностей, в таком случае, составляют 287,68 кВт активной мощности, 164,58 квар реактивной мощности и 338,41 КВ·А полной мощности.

Для начала, необходимо вычислить мощность трансформаторов по формуле (4.1):

$$S_{\text{ном}} \geq \frac{P_{\text{p}\Sigma}}{K_3 \cdot N_T} \quad (4.1)$$

В соответствии с ПУЭ [1], определим значения N_T и K_3 . Так как все электроприёмники на предприятии относятся к третьей категории надёжности, коэффициент загрузки варьируется от 0,9 до 0,95 и зависит от вероятности будущего расширения предприятия. В данном случае примем значение $K_3=0,9$. Количество трансформаторов N_T для данной категории может быть 1 или 2.

Составим два варианта комплектной трансформаторной подстанции для питания предприятия. Рассчитаем мощность КТП по формуле (4.1) для варианта А:

$$S_{\text{ном1}} \geq \frac{287,68}{0,9 \cdot 1} = 319,6 \text{ КВ} \cdot \text{А}.$$

Следовательно, для варианта А – однотрансформаторной КТП, выбираем ближайшую большую мощность трансформатора 400 КВ·А.

Для варианта Б мощность рассчитывается так же по формуле (4.1):

$$S_{\text{ном2}} \geq \frac{287,68}{0,9 \cdot 2} = 169,8 \text{ КВ} \cdot \text{А}.$$

Так, мощность трансформаторов КТП для варианта Б будет составлять 250 КВ·А, как ближайшее большее значение.

Дальнейший расчёт проведём для каждого из выбранных вариантов комплектации комплектной трансформаторной подстанции.

Вариант А: Однотрансформаторная подстанция.

Для данного варианта выбираем трансформатор марки ТМГ, номинальной мощностью 400 КВ·А. Ниже, в таблице 4.1 представлены параметры данного трансформатора.

Таблица 4.1 - Характеристика трансформатора.

Маркировка трансформатора	ТМГ-400/6/0,4 кВт
Номинальная мощность, КВ·А	400
Потери холостого хода, кВт	0,8
Потери короткого замыкания, кВт	5,5
Напряжение короткого замыкания, %	4,5
Ток холостого хода, %	2,1

Начнём расчёт с определения потерь в трансформаторах:

$$\Delta P_T = N_T \cdot P_{xx} + K_3^2 \cdot P_{кз} \quad (4.2)$$

$$\Delta Q_T = N_T \cdot i_o + K_3^2 \cdot U_{кз} \cdot \frac{S_H}{100} \quad (4.3)$$

В результате вычисления по данным формулам, получаем значения:

$$\Delta P_T = 1 \cdot 0,8 + 0,9^2 \cdot 5,5 = 5,26 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q_T = 1 \cdot 2,1 + 0,9^2 \cdot 4,5 \cdot \frac{400}{100} = 23 \text{ квар.}$$

Расчётные нагрузки с учётом потерь в трансформаторах, вычисляются по следующим формулам:

$$P_p = P_{p\Sigma} + \Delta P_T \quad (4.4)$$

$$Q_p = Q_{p\Sigma} + \Delta Q_T \quad (4.5)$$

Подставив известные данные в формулы (4.4) и (4.5), получаем:

$$P_p = 287,68 + 5,26 = 292,94 \text{ кВт};$$

$$Q_p = 164,38 + 23 = 187,38 \text{ квар.}$$

Реактивная мощность в часы минимума нагрузки по типовому графику электрических нагрузок:

$$Q_{\min} = 50\% \cdot Q_p = 93,69 \text{ квар} \quad (4.6)$$

Экономически обоснованные значения реактивной мощности в часы максимума энергосистемы:

$$Q'_{\text{э1}} = Q_p - 0,7 \cdot Q_{\text{сд}} \quad (4.7)$$

$$Q''_{\text{э1}} = \alpha \cdot P_p \quad (4.8)$$

Для вычисления по данным формулам, необходимо определить нормативный коэффициент капиталовложений. Так как нормативные коэффициенты устанавливаются отдельно для различных отраслей промышленности и варьируется от 0,1 до 0,33, целесообразно будет избрать подходящий коэффициент для рассматриваемого предприятия. Так как ВЗАО «Гидроспецстрой» – предприятие, относящееся к строительному комплексу, нормативный коэффициент капиталовложений будет составлять: $\alpha = 0,19$. Значение $Q_{сд}$ совпадает со значением, указанным в методике [3] и равно 0.

Произведём расчёт, руководствуясь формулами (4.7) и (4.8) и подставив найденные выше параметры:

1. Экономически обоснованные значения реактивной мощности в часы максимума энергосистемы:

$$Q'_{э1} = 187,38 - 0,7 \cdot 0 = 187,38 \text{ квар};$$

$$Q''_{э1} = 0,19 \cdot 292,94 = 55,66 \text{ квар}.$$

Из-за пониженного напряжения в часы максимальных нагрузок, принимаем меньшее из значений: $Q_{э1} = 55,66$ квар.

2. Экономически обоснованные значения реактивной мощности в режиме наименьших нагрузок:

$$Q'_{э2} = Q_{\min} + Q_k \quad (4.9)$$

$$Q''_{э2} = Q_{\min} - Q_{кд} = Q_{\min} - (Q_p - Q_{э1}) \quad (4.10)$$

Вычислим значения по данным формулам, учитывая, что, согласно методике [3], $Q_k = 0$:

$$Q'_{э2} = 93,69 + 0 = 93,69 \text{ квар};$$

$$Q''_{э2} = 93,69 - (187,38 - 55,66) = -38,03 \text{ квар}.$$

Из-за повышенного напряжения в часы минимальных нагрузок принимаем значение мощности: $Q_{э2} = 93,69$ квар.

3. Суммарная мощность компенсирующих устройств:

$$Q_{\text{ку.маx}} = 1,1 \cdot Q_p - Q_{\text{э1}} \quad (4.11)$$

$$Q_{\text{ку.мин}} = Q_{\text{мин}} - Q_{\text{э2}} \quad (4.12)$$

Воспользуемся данными формулами, используя известные значения:

$$Q_{\text{ку.маx}} = 1,1 \cdot 187,38 - 55,66 = 150,46 \text{ квар};$$

$$Q_{\text{ку.мин}} = 93,69 - 93,69 = 0.$$

Рассчитаем реактивную мощность, которая должна быть передана из сети 6 кВ в сеть 0,4 кВ и не должна компенсироваться:

$$Q_{\text{эH}} = Q_{\text{э1}} - Q_p - Q_{p\Sigma} \quad (4.13)$$

$$Q_{\text{эH}} = 55,66 - 187,38 - 164,38 = 32,66 \text{ квар.}$$

Реактивная мощность, которая может быть передана:

$$Q_T = \sqrt{N_T \cdot K_3 \cdot S_{\text{н.т}}^2 - P_{p\Sigma}^2} \quad (4.14)$$

$$Q_T = \sqrt{(1 \cdot 0,9 \cdot 400)^2 - 287,68^2} = 216,43 \text{ квар.}$$

Мощность КУ, устанавливаемых на стороне до 1 кВ:

$$Q_{\text{КУ.н}} = Q_{p\Sigma} - Q_T \quad (4.15)$$

$$Q_{\text{КУ.н}} = 164,58 - 216,43 = -29,05 \text{ квар.}$$

Мощность КУ, устанавливаемых на стороне 6 кВ:

$$Q_{\text{КУ.в}} = Q_{\text{КУ.маx}} - Q_{\text{КУ.н}} \quad (4.16)$$

$$Q_{\text{КУ.в}} = 150,46 + 29,05 = 202,31 \text{ квар.}$$

Следовательно, установка КУ нецелесообразна и, в результате, стоимость установки однострансформаторной КТП:

$$З_{\text{КТП}} = E \cdot K_{\text{ТП}} \quad (4.17)$$

В данную формулу необходимо подставить значение $K_{\text{ТП}}$, которое рассчитывается, исходя из стоимости трансформатора и самой КТП. В случае данного предприятия, конкретно, учитывая, что ВЗАО «Гидроспецстрой» запитывается кабельной линией напряжением 6 кВ, следует предусмотреть данный аспект при выборе типа комплектной трансформаторной подстанции. В целях экономии средств, для данного варианта комплектации, будет избрана тупиковая однострансформаторная КТП киоскового типа 6/0,4 кВ с кабельным вводом. Подстанция, исходя из каталогов производителей имеет маркировку КТП-ТК-400/6/0,4 кВ и обладает следующими габаритными данными: 2760x2100x2240. Стоимость данной однострансформаторной комплектной трансформаторной подстанции, с учётом стоимости трансформатора ТМГ-400/6/0,4 кВ, составляет $K_{\text{ТП}} = 352,19$ тыс. руб. Следовательно, руководствуясь формулой (4.17), получаем значение затрат на установку КТП:

$$З_{\text{КТП}} = 0,19 \cdot 352,19 = 66,92 \text{ тыс. руб.}$$

Вариант Б: Двухтрансформаторная подстанция.

Для данного варианта выбираем два масляных трансформатора марки ТМГ, номинальной мощностью 250 КВ·А. Ниже, в таблице 4.2 представлены параметры данных трансформаторов.

Таблица 4.2 - Характеристика трансформатора.

Маркировка трансформатора	ТМГ-250/6/0,4 кВт
Номинальная мощность, КВ·А	250
Потери холостого хода, кВт	0,55
Потери короткого замыкания, кВт	3,1

Продолжение таблицы 4.2.

Напряжение короткого замыкания, %	4,5
Ток холостого хода, %	2,3

По формулам (4.2) и (4.3) определим потери в трансформаторах:

$$\Delta P_T = 2 \cdot 0,55 + 0,9^2 \cdot 3,1 = 6,122 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q_T = 2 \cdot 2,3 + 0,9^2 \cdot 4,5 \cdot \frac{250}{100} = 29,7 \text{ квар.}$$

Подставив известные данные в формулы (4.4) и (4.5), получаем:

$$P_p = 287,68 + 6,122 = 293,8 \text{ кВт};$$

$$Q_p = 164,38 + 29,7 = 194,1 \text{ квар.}$$

Реактивную мощность в часы минимума нагрузки возьмём из формулы (4.6):

$$Q_{\min} = 93,69 \text{ квар.}$$

1. Вычислим экономически обоснованные значения в часы максимума энергосистемы, руководствуясь формулами (4.7) и (4.8) и подставив найденные выше параметры:

$$Q'_{\text{э}1} = 194,1 - 0,7 \cdot 0 = 194,1 \text{ квар};$$

$$Q''_{\text{э}1} = 0,19 \cdot 287,68 = 54,66 \text{ квар.}$$

Из-за пониженного напряжения в часы максимальных нагрузок, принимаем меньшее из значений: $Q_{\text{э}1} = 54,66 \text{ квар.}$

2. Экономически обоснованные значения реактивной мощности в режиме наименьших нагрузок по формулам (4.9), (4.10):

$$Q'_{\text{э}2} = 93,69 + 0 = 93,69 \text{ квар};$$

$$Q''_{\text{э}2} = 93,69 - (194,1 - 54,66) = -45,75 \text{ квар.}$$

Из-за повышенного напряжения в часы минимальных нагрузок принимаем значение мощности: $Q_{\text{э}2} = 93,69 \text{ квар.}$

3. Суммарная мощность компенсирующих устройств по формулам (4.11) и (4.12):

$$Q_{\text{ку.мах}} = 1,1 \cdot 194,1 - 54,66 = 158,85 \text{ квар};$$

$$Q_{\text{кy.min}} = 93,69 - 93,69 = 0.$$

Рассчитаем реактивную мощность, которая должна быть передана из сети 6 кВ в сеть 0,4 кВ и не должна компенсироваться по формуле (4.13):

$$Q_{\text{эH}} = 54,66 - 194,1 - 164,38 = 24,94 \text{ квар.}$$

Реактивная мощность, которая может быть передана по формуле (4.14):

$$Q_T = \sqrt{(1 \cdot 0,9 \cdot 250)^2 - 287,68^2} = 346,04 \text{ квар.}$$

Мощность КУ, устанавливаемых на стороне до 1 кВ по формуле (4.15):

$$Q_{\text{кy.н}} = 164,58 - 346,04 = -181,46 \text{ квар.}$$

Мощность КУ, устанавливаемых на стороне 6 кВ по формуле (4.16):

$$Q_{\text{кy.в}} = 158,85 + 181,46 = 340,31 \text{ квар.}$$

Следовательно, установка КУ также нецелесообразна.

В заключении, вычисляем стоимость установки двухтрансформаторной КТП по формуле (4.17). В во втором варианте следует также выбрать из каталогов производителей комплектных трансформаторных подстанций подходящую под данный вариант комплектации. Как и в варианте А, избирается тупиковая КТП с кабельным вводом. Маркировка, исходя из каталога, для данного варианта будет следующая: 2КТП-ТК-250/6/0,4 кВ. Стоимость подстанции складывается из двух частей: стоимости самой двухтрансформаторной комплектной трансформаторной подстанции и стоимости двух масляных трансформаторов марки ТМГ-250/6/0,4 кВ. Таким образом, учитывая, что стоимость КТП составляет 364,9 тыс. руб., а суммарная стоимость двух трансформаторов – 330 тыс. руб, коэффициент $K_{\text{тп}}$ будет равен 694,9 тыс. руб.

$$З_{\text{КТП}} = 0,19 \cdot 694,9 = 132,031 \text{ тыс. руб.}$$

Для принятия окончательного решения, в соответствии с методикой выбора трансформаторов комплектной трансформаторной подстанции с учётом компенсации реактивной мощности, указанной в списке используемых источников [3], следует обратить внимание на конечное значение затрат на установку КТП.

Необходимо учесть, что установка однотрансформаторной тупиковой КТП с кабельным вводом и одним масляным трансформатором марки ТМГ-400/6/0,4 кВ обойдётся ВЗАО «Гидроспецстрой» в 66,92 тыс. рублей, а установка двухтрансформаторной тупиковой комплектной трансформаторной подстанции КТП-ТК с двумя масляными трансформаторами марки ТМГ-250/6/0,4 кВ в 132,031 тыс. рублей.

Таким образом, более выгодным в экономическом плане вариантом будет установка однотрансформаторной КТП.

5 Определение местоположения подстанции

5.1 Расчёт центра электрических нагрузок и построение картограммы нагрузок

В данном пункте рассмотрим вопрос о переносе комплектной трансформаторной подстанции в центр электрических нагрузок. Доподлинно известно, что расположение подстанции в ЦЭН является наиболее оптимальным и выгодным расположением подстанции. Основным моментом, дающим существенный экономический эффект является уменьшение протяжённости сетей 0,4 кВ, а именно в сетях такого класса напряжения происходят наибольшие потери.

Для того, чтобы определить новое местоположение подстанции, необходимо найти координаты центра электрических нагрузок. Сперва, требуется построить картограмму нагрузок. Картограмма позволит получить представление о распределении нагрузок цехов по всей территории предприятия. Она представляет собой окружности или дуговые диаграммы на генплане предприятия, площади которых соответствуют расчётным нагрузкам в выбранном масштабе. Радиус каждой из окружностей рассчитывается по формуле (5.1), представленной ниже:

$$r_i = \sqrt{\frac{P_{pi}}{m \cdot \pi}}, \quad (5.1)$$

где r_i – является радиусом окружности с коэффициентом i , равном порядковому номеру объекта на генплане, мм;

P_{pi} – это расчётная мощность цеха, равная сумме силовой и осветительной нагрузок, КВА;

m – масштабный коэффициент, КВА/мм².

Также следует разбить каждую окружность картограммы нагрузок на сектора, обозначающие соотношения нагрузок, силовых и осветительных. Угол сектора определяется по формуле (5.2):

$$\alpha = \frac{P_{poi} \cdot 360^\circ}{P_{pi}}, \quad (5.2)$$

где α – угол сектора, °;

P_{poi} – расчётная мощность освещения цеха, КВА;

P_{pi} – расчётная мощность цеха.

Для удобства расчётов, объединим необходимые данные из таблиц 3.3 и 3.4 в таблицу 5.1, вычислив для каждого из рассматриваемых объектов итоговые значения.

Таблица 5.1 – данные для расчёта картограммы нагрузок.

Наименование объекта	Расчётная активная мощность силовой нагрузки P_p , кВт	Расчётная активная мощность нагрузки освещения $P_{росв}$, кВт	Суммарное значение активной мощности объекта $P_{p\Sigma}$, кВт
Административное здание	7,695	12,2	19,9
Производственно-бытовые помещения	-	0,42	0,42
Моторный цех	11,6	1,7	13,3
Сварочный цех	48,29	0,5	48,79
Токарный цех	40,92	3,41	44,33
Автомобильный цех	20,59	3,86	24,45
Кузнечный цех	30,83	1	31,83
Склад ГСМ	0,09	-	0,09

Продолжение таблицы 5.1.

Столярная мастерская	22,42	2,7	25,12
Электроцех	65,3	5,36	70,66
Центральное освещение территории	-	3	3
Складские помещения	-	2,88	2,88

Произведём подробный расчёт картограммы нагрузок для административного здания.

Сперва, для вычисления радиуса окружности картограммы нагрузок по формуле (5.1), необходимо определить масштабный коэффициент m . Данный коэффициент должен быть избран таким образом, чтобы окружность наименьшего радиуса была различима, а также, чтобы окружности не выходили за рамки чертежа. В данном случае, m будет равен $0,001 \text{ КВА/мм}^2$.

$$r_1 = \frac{19,9}{0,001 \cdot 3,14} = 79,6 \text{ мм}.$$

Определим угол сектора для осветительной нагрузки административного здания по формуле (5.2):

$$\alpha = \frac{12,2 \cdot 360^\circ}{19,9} = 220,7^\circ.$$

Результаты дальнейших расчётов занесём в таблицу 5.2.

Таблица 5.2 – Результаты расчётов картограммы нагрузок.

Наименование объекта	Радиус окружности картограммы нагрузок, мм	Угол сектора осветительной нагрузки, °	Координаты объекта, м	
			X	Y
Административное здание	56,29	220,7	212,5	50,59
Производственно-бытовые помещения	8,18	360	172,3	32,3
Моторный цех	46,02	46,02	144,9	39

Продолжение таблицы 5.2.

Сварочный цех	88,14	3,69	117,1	28,2
Токарный цех	84,02	27,69	83,38	68,07
Автомобильный цех	62,40	56,83	83,38	95,07
Кузнечный цех	71,19	11,31	51,75	36
Склад ГСМ	3,79	0	15,69	126,6
Столярная мастерская	63,25	38,69	77,53	178,6
Электроцех	106,07	27,31	110	178,6
Центральное освещение территории	21,41	360	129,9	93,09
Складские помещения	21,86	360	164,8	184,3

Далее, согласно методике расчёта, необходимо изобразить на генплане предприятия картограмму нагрузок, соблюдая найденный коэффициент масштабирования.

Следующей частью расчёта является вычисление координат центра электрических нагрузок. Вычисление производится по формулам (5.3) и (5.4), представленным ниже:

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n P_{pi} \cdot x_i}{\sum_{i=1}^n P_{pi}}, \quad (5.3)$$

$$Y = \frac{\sum_{i=1}^n P_{pi} \cdot y_i}{\sum_{i=1}^n P_{pi}}, \quad (5.4)$$

где x_i и y_i являются координатами конкретного цеха, номер на плане которого записывается вместо индекса i ;

P_{pi} – это расчётная активная мощность i -того цеха;

X и Y – координаты находимого центра электрических нагрузок.

Руководствуясь данными из таблицы 5.2 и формулами (5.3), (5.4), вычислим координаты центра электрических нагрузок на генплане предприятия.

$$X = 105,031 \text{ м};$$

$$Y = 95,974 \text{ м}.$$

В результате, имея рассчитанные с помощью построенной картограммы нагрузок координаты центра электрических нагрузок, появляется возможность однозначно определить новое местоположение комплектной трансформаторной подстанции.

Учитывая, что, согласно содержанию данной выпускной квалификационной работы, в четвёртом пункте предусматривается замена КТП целиком, перенос подстанции не предусматривает для своего осуществления существенных затрат, но для обоснования экономической целесообразности данного проекта проведём расчёт потерь в отходящих от КТП линиях 0,4 кВ.

5.2 Расчёт потерь в отходящих линиях 0,4 кВ

В соответствии с методикой расчёта потерь мощности в электрических сетях трёхфазного переменного тока [12], составим формулу (5.5):

$$\Delta P = \frac{10^{-3}}{U_n^2} \cdot (\sum P^2 l + \sum Q^2 l) \cdot r, \quad (5.5)$$

где U_n – напряжение в линии, кВ,

$\sum P$ – активная мощность, передаваемая по линии, кВт,

$\sum Q$ – реактивная мощность, передаваемая по линии, квар,

l – длина линии, км,

r – активное сопротивление, ом/км.

Для начала произведём подробный расчёт потерь мощности в линии КТП–РП-4 до перемещения подстанции в центр электрических нагрузок. Линия

представляет собой кабель марки АВВГ-3х25, длиной 74,812 метра, питающий токарный цех предприятия напрямую от КТП. Активное сопротивление кабеля, согласно характеристикам, указанным в каталогах, равно 1,25 ом/км. Для осуществления расчёта по формуле (5.5), также необходимо вычислить значения мощностей, передаваемых по линии. Данные значения берутся из таблицы 3.3.

$$\Delta P_{1.1} = \frac{10^{-3}}{0,38} \cdot 40,919^2 \cdot 0,075 + 29,257^2 \cdot 0,075 \cdot 1,25 = 6,24 \text{ кВт.}$$

Далее, также по формуле (5.5), вычислим потери в данной линии после перемещения подстанции в ЦЭН:

$$\Delta P_{2.1} = \frac{10^{-3}}{0,38} \cdot 40,919^2 \cdot 0,037 + 29,257^2 \cdot 0,037 \cdot 1,25 = 3,08 \text{ кВт.}$$

Аналогично произведём расчёт потерь в линии КТП–РП-9 до и после переноса КТП:

$$\Delta P_{1.2} = \frac{10^{-3}}{0,38} \cdot 30,83^2 \cdot 0,05 + 12,7^2 \cdot 0,05 \cdot 1,25 = 1,83 \text{ кВт.}$$

$$\Delta P_{2.2} = \frac{10^{-3}}{0,38} \cdot 40,919^2 \cdot 0,019 + 29,257^2 \cdot 0,019 \cdot 1,25 = 0,695 \text{ кВт.}$$

Так как третья отходящая от подстанции линия представляет из себя одножильный кабель марки АВВГ 1х2,5, формула (5.5) для расчёта потерь мощности в данной линии применяться не может. Таким образом, исходя из методики расчёта [12], составляем формулу (5.6):

$$\Delta P = \frac{2 \cdot 10^{-3}}{U_H^2} \cdot (\sum P^2 l + \sum Q^2 l) \cdot r, \quad (5.6)$$

Подставляем известные значения в данную формулу и также вычисляем потери мощности в данной линии до переноса подстанции и после проведения перемещения:

$$\Delta P_{1.3} = \frac{2 \cdot 10^{-3}}{0,38} \cdot 0,09^2 \cdot 0,071 + 0,21^2 \cdot 0,071 \cdot 12,1 = 0,002 \text{ кВт.}$$

$$\Delta P_{2.3} = \frac{10^{-3}}{0,38} \cdot 0,09^2 \cdot 0,103 + 0,21^2 \cdot 0,103 \cdot 12,1 = 0,003 \text{ кВт.}$$

В результате, итоговые значения потерь мощности в трёх, отходящих от КТП, линиях равно 8,072 кВт·ч. Следовательно, годовое значение потерь до переноса подстанции в ЦЭН составляет 16273,152 кВт, что эквивалентно 61,84 тыс. рублей. После переноса комплектной трансформаторной подстанции в центр электрических нагрузок значение потерь в данных линиях будет составлять 7620,5 кВт в год. В рублевом эквиваленте это равно 28,95 тыс. рублей в год.

Таким образом, в случае переноса подстанции в ЦЭН, предприятие будет получать ежегодную экономическую выгоду от данной операции в размере 32,89 тыс. рублей.

Как уже было упомянуто выше, четвёртый пункт данной выпускной квалификационной работы подразумевает замену КТП целиком, что, безусловно, упрощает осуществление представленного проекта.

6 Предложения по энергосбережению

Система электроснабжения ВЗАО «Гидроспецстрой», как уже было изложено выше, на данный момент имеет ряд существенных недостатков. Если опустить моменты, уже рассмотренные в данной работе, основным недостатком является излишнее электропотребление системы освещения предприятия. Также необходимо рассмотреть внедрение на предприятие системы автоматического коммерческого учёта электроэнергии, что позволит проводить подробный сбор и анализ потребляемой энергии. Для начала, рассмотрим предложения по замене ламп и светильников на предприятии.

6.1 Реконструкция системы освещения предприятия

Подвергнем подробному рассмотрению светильники, установленные в ремонтном цехе. По плану ремонтного цеха видно, что здание цеха поделено на две части. Первой является токарный цех с бытовыми помещениями и складом, второй – цех по ремонту грузовых автомобилей.

Площади цехов освещаются светильниками типа НСП-17-200-032 с установленными в них лампами ДРЛ, мощностью 250 Вт. Общее число светильников: 17. Проведём замену ламп без замены светильников. Эквивалентом ДРЛ-250 в данном случае, по заверению производителей светодиодных ламп, являются светодиодные лампы мощностью 60 Вт. Подходящими по параметрам лампами являются LED-лампы производителя «Saffit», стоимостью 954 рубля за штуку.

Далее рассмотрим освещение бытовых помещений. На всём предприятии светильниками, установленными в бытовых помещениях, являются подвесные потолочные светильники «Армстронг» с четырьмя люминесцентными лампами мощностью 18 Вт каждая. В ремонтном цеху всего установлено 10 таких светильников. Эквивалентом в данном случае будет являться светодиодный светильник «Армстронг», мощностью 40 Вт. Стоимость данного светильника 540 рублей.

Следующим шагом рассмотрим варианты замены ламп в ремонтных ямах второй части ремонтного цеха. Здесь установлено 16 светильников с обыкновенными лампами накаливания, мощностью 60 Вт каждая. Заменой данным светильникам станут низковольтные светодиодные светильники марки PZ-12-36, мощностью 12 Вт и стоимостью 358 рублей за штуку.

По аналогии, проведём подбор светильников и ламп для остальных объектов на территории предприятия и сведём полученные данные в таблицу 6.1.

Таблица 6.1 - Замена оборудования системы освещения.

Объект	Установленное оборудование	Эквивалент	Кол-во ламп	$P_{\Sigma \text{осв}}$, кВт	$Q_{\Sigma \text{осв}}$, квар	$S_{\Sigma \text{осв}}$, КВА
Ремонтный цех	ДРЛ-250	СД-60	17	1,02		
	Светильники «Армстронг»	СД-светильники «Армстронг»	10	0,4		
	ОСМ-063	СД-светильники PZ-12-36	16	0,192		
	ЛН-200	NLL M-69	3	0,025		
Кузнечный цех	ДРЛ-250	СД-60	4	0,24		
Сварочный цех	ДРЛ-250	СД-60	2	0,12		
Моторный цех	ДРЛ-250	СД-60	6	0,36		
	ЛН-100	СД-11	2	0,022		
Производственно-бытовые помещения и гаражи	ЛН-60	СД-5	7	0,035		
Административное здание	ЛН-100	СД-11	14	0,154		
	Светильники «Армстронг»	СД-светильники «Армстронг»	150	6		
Столярная мастерская	ДРЛ-250	СД-60	6	0,36		
Аккумуляторная	ЛН-60	СД-5	20	0,1		
Гараж для грузовых машин	ДРЛ-250	СД-60	6	0,36		
	ЛН-60	СД-5	6	0,048		
	Светильники «Армстронг»	СД-светильники «Армстронг»	7	0,28		
Электроцех	ДРЛ-250	СД-60	12	0,72		
Складские помещения	ЛН-60	СД-5	48	0,24		

Продолжение таблицы 6.1

Центральное ночное освещение территории	ДРВ-750	Уличный светодиодный светильник «Кобра» 240 Вт	4	0,96		
Итого				11,64	3,84	12,25

В результате замены всего оборудования системы освещения предприятия на светодиодное энергоэффективное оборудование, мы получаем гораздо меньшее энергопотребление системы освещения. Потребление мощности после реконструкции становится почти в три раза меньше, чем до неё. Но при этом необходимо уточнить, что стоимость самого оборудования и его монтажа представляет собой внушительную сумму. Следует рассчитать данную сумму и рассмотреть срок окупаемости затрат.

Руководствуясь усреднёнными сметными данными, рассчитаем стоимость оборудования, его монтажа и демонтажа старых светильников и ламп. Результаты расчёта сведём в таблицу 6.2.

Таблица 6.2 – Данные для расчёта затрат на реконструкцию системы освещения.

Наименование оборудования	Количество	Средняя стоимость, руб./шт.	Средняя стоимость монтажа, руб./шт.	Суммарная стоимость, руб.
Светодиодная лампа 60 Вт	53	954	100	55862
Светодиодная лампа 14 Вт	16	154	50	3264
Светодиодная лампа 8 Вт	81	60	50	8910

Продолжение таблицы 6.2.

Светодиодная лампа марки PZ- 12-36	16	358	300	10528
Светодиодная лампа марки NLL M-69	3	1611	50	4983
Светодиодный светильник «Армстронг»	167	540	350	148630
Уличный светильник «Кобра» 240 Вт	4	19500	1000	82000
Демонтаж оборудования				38775
Итого				352952

Таким образом, суммарные затраты на реконструкцию системы освещения ВЗАО «Гидроспецстрой», состоящие из стоимости нового оборудования, стоимости его монтажа и демонтажа старого оборудования, будут составлять 352,95 тыс. рублей.

На сегодняшний день система освещения предприятия потребляет 35,73 кВт электроэнергии.

После реконструкции её потребление снизится до 11,64 кВт.

Экономия при этом составит 24,09 кВт. Следовательно, если учесть, что предприятие работает в одну смену, в среднем 21 день в месяц, экономия достигает 4047,12 кВт·ч в месяц.

Значит, что реконструкция системы освещения предприятия окупится в течение двух лет, что позволяет считать данную реконструкцию целесообразной.

6.2 Внедрение системы АСКУЭ на предприятие

Аббревиатура АСКУЭ, расшифровываемая как автоматизированная система коммерческого учёта электроэнергии, на данном этапе развития электроэнергетики, является одной из самых значимых вех в получении данных о расходе энергоресурсов на различных объектах.

Данная система производит сбор и анализ всей информации, касающейся электропотребления на предприятиях или учреждениях.

Несмотря на бытующее мнение, что АСКУЭ – это система применяющаяся, в основном, на промышленных предприятиях, её эксплуатация на текущий момент возможна для коммерческого учёта информации на объектах всех видов потребителей электроэнергии, независимо от потребляемых мощностей.

Для составления предложения по энергосбережению, в данной работе, рассматривается система АСКУЭ, которую на рынке представляет производитель «ЭМИС-ЭЛЕКТРА». Автоматизированная система коммерческого учёта электроэнергии данного производителя предоставляет заказчикам широкий спектр необходимых услуг, в числе которых приобретение самого оборудования для учёта, составление прейскуранта и программное обеспечение.

На рынке систем АСКУЭ, «ЭМИС-ЭЛЕКТРА» давно зарекомендовала себя, как производитель, обеспечивающий качество и сервис на самом высоком уровне. Для поддержания предоставляемых услуг на данном уровне, компания предоставляет заказчикам возможности задать все интересующие вопросы, обсудить различные нюансы и, в процессе ознакомления с услугами, изучить ранее выполненные проекты.

Специализация данного производителя систем АСКУЭ на сетях 0,4 кВ, является наиважнейшим обоснованием выбора «ЭМИС-ЭЛЕКТРА» для составления предложения по энергосбережению конкретно для рассматриваемого в работе предприятия, ВЗАО «Гидроспецстрой».

Для начала расчёта затрат на установку системы, необходимо уточнить количество счётчиков электроэнергии на рассматриваемом предприятии:

- На вооружении предприятия имеется всего один трёхфазный счётчик «Меркурий 230».

Следует указать годовое потребление электроэнергии на предприятии:

- Годовое потребление ВЗАО «Гидроспецстрой» составляет: 579,96 тыс. кВт·час. Учитывая, что стоимость электроэнергии в регионе равна 3,8 рубля за кВт·час, следовательно, годовая оплата за электроэнергию: 2,2 млн. рублей.

- Счётчики имеют определенную погрешность, которая в счётчиках на данном предприятии составляет $\pm 1\%$. Таким образом, если взять в расчёт годовое потребление электроэнергии предприятия, в результате погрешности, предприятие переплачивает 22 000 рублей каждый год.

Следует составить перечень необходимых услуг, которые предприятию потребуется заказать при установке системы АСКУЭ:

- составление индивидуального проекта не более 20000 рублей;
- стоимость трёхфазного счётчика – 2000 рублей;
- услуга подключения выбранного счётчика к системе, в случае ВЗАО «Гидроспецстрой», стоимость данной услуги – 1000 рублей;
- шкаф автоматизации, вместе с установкой до 19700 рублей.

Итоговая стоимость установки системы АСКУЭ на предприятие будет составлять 42700 рублей. Данные затраты окупятся в течение двух лет, что позволяет считать установку системы АСКУЭ на предприятие целесообразной.

Заключение

В ходе выполнения ВКР для достижения поставленной цели был исполнен ряд задач. В ходе проектирования было выбрано номинальное напряжение распределительных сетей предприятия 6 кВ и 0,4 кВ. Произведён расчёт электрических нагрузок предприятия, включающий в себя расчёт силовых нагрузок и расчёт нагрузок освещения.

Осуществлён выбор комплектной трансформаторной подстанции. Как и требовалось, была избрана однотрансформаторная тупиковая КТП с кабельным вводом марки КТП-ТК-400 КВА. Выполнен расчёт трансформатора комплектной трансформаторной подстанции с учётом компенсации реактивной мощности. В ходе расчёта было установлено, что необходимости в установке компенсаторных установок нет, и поэтому выбор трансформатора был однозначно остановлен на одном масляном трансформаторе марки ТМГ-400/6/0,4 кВ.

Далее было определено новое местоположение для подстанции. В соответствии с расположением нагрузок предприятия по цехам и объектам, была построена картограмма нагрузок и вычислен центр электрических нагрузок. Выдвинуто предложение об установке новой комплектной трансформаторной подстанции в ЦЭН, с целью снижения потерь, посредством уменьшения протяжённости сетей 0,4 кВ. Следующей частью данного пункта работы стал расчёт потерь в отходящих от КТП линиях. Был представлен расчёт потерь до переноса подстанции и после него. Затем последовало сравнение данных значений. Результатом расчёта стало вычисление экономической выгоды от проекта, что позволяет счесть его целесообразным.

Важным моментом, давно обсуждаемым на предприятии был вопрос энергосбережения. Именно поэтому был рассмотрен вопрос о замене всех светильников и ламп системы освещения предприятия на современное светодиодное оборудование. Данный пункт показал, насколько целесообразна данная реконструкция в нынешних реалиях предприятия. Были подсчитаны

затраты на модернизацию и произведено их соотнесение с выгодой от реализации данного проекта. Итоговые значения затрат на реконструкцию системы освещения предприятия оказались равны 352,95 тыс. рублей. Экономия электроэнергии, которая появится после внедрения данного проекта на предприятие, окупает затраты в течение двух лет, что также позволяет считать реконструкцию целесообразной.

Заключительной частью ВКР стало предложение по внедрению на предприятие системы АСКУЭ. По результатам расчётов, внедрение данной системы на предприятие быстро окупается и позволяет избежать лишних затрат на электроэнергию из чего следует заключить, что данное предложение обязательно должно быть рассмотрено.

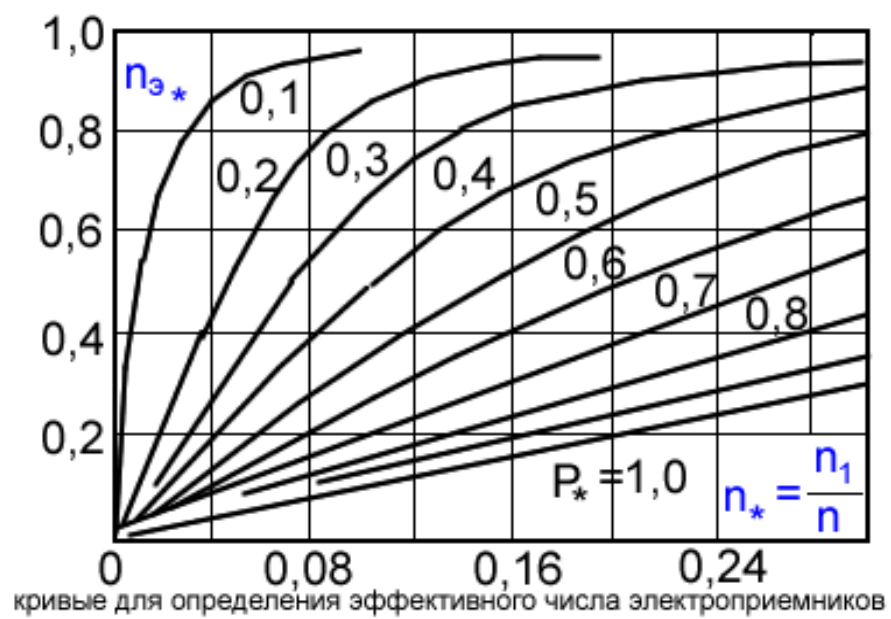
Список используемой литературы и источников

1. Правила устройства электроустановок в вопросах и ответах. Раздел 4. Распределительные устройства и подстанции. М. : НЦ ЭНАС, 2009. 591 с.
2. РФ. Росстандарт. ГОСТ Р 7.0.5-2008. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления: утв. приказом № 95-ст от 28 апреля 2008 г. М., 2008. 19 с.
3. Вахнина В. В., Черненко А. Н. Электроснабжение промышленных предприятий и городов: учеб.-метод. пособие для практ. занятий и курсового проектирования. Тольятти : ТГУ, 2007.
4. Гвоздев С. М., Панфилов Д. И., Романова Т. К. Энергоэффективное электрическое освещение: учебное пособие. М. : Издательский дом МЭИ, 2013. 273 с.
5. Вахнина В.В. Компенсация реактивной мощности в системах электроснабжения промышленных предприятий: учебное пособие. Тольятти : ТГУ, 2006. 69 с.
6. Рожин А. Н., Бакшаева Н. С. Внутрицеховое электроснабжение: учебное 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.
7. Нешиной А.С. Инвестиции: Учебник. 5-ое изд., перераб. и испр. М. : Издательско-торговая корпорация «Дашков и К^о», 2007. 372 с.
8. Сибикин, Ю.Д. Пособие к курсовому и дипломному проектированию электроснабжения промышленных, сельскохозяйственных и городских объектов. Учебное пособие. Москва : Форум, 2015. 68 с.
9. Шеховцов В.П. Расчет и проектирование ОУ и электроустановок промышленных механизмов. Учебное пособие. М. : Форум, Инфра-М, 2015. 352 с.

10. Световые технологии [Электронный ресурс]: технические данные светильников – Электронный каталог/ URL: <http://www.ltcompany.com/ru> (дата обращения 09.05.2018)
11. Неклепаев Б. Н., Крючков И. П. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования [Текст]. Москва : НЦ ЭНАС, 2001. 163 с.
12. Карпов Ф. Ф., Козлов В. Н. Справочник по расчёту проводов и кабелей, издание 3-е, переработанное и дополненное. Москва : «Энергия», 1969. 264 с.
13. Киреева, Э.А. Электроснабжение и электрооборудование цехов промышленных предприятий: учебное пособие 2–е изд., стер. М. : КНОРУС, 2016. 368 с. (Бакалавриат).
14. Трунова И. Г., Елькин А. Б. Производственное освещение: учеб. пособие по выполнению дипломных, курсовых и практических работ для студентов. Нижний Новгород : НГТУ им. Р.Е. Алексеева., 2013. 87 с.
15. Левтеров, А. С. Внедрение энергосберегающих технологий и пути повышения энергоэффективности предприятия // Молодые ученые - ускорению научно-технического прогресса в XXI веке : сборник материалов III Всероссийской научно-технической конференции аспирантов, магистрантов и молодых ученых с международным участием, Ижевск, 22-23 апреля 2015 г. Ижевск, 2015. С. 952-956. Библиогр.: с. 956
16. Rojas-Renteria J., Espinoza-Huerta, T., Tovar-Pacheco, F., Gonzalez-Perez, J. Lozano-Dorantes, R. An Electrical Energy Consumption Monitoring and Forecasting System [Text] // Engineering, Technology & Applied Science Research, Vol. 6, No. 5, 2016, 1130-1132.
17. Malinina T., Evaluation of “direct input” effectiveness for industrial enterprises power supply [электронный ресурс] / URL: <https://doi.org/10.1051/shsconf/20173501032>

18. Van de Vyver, J. The need for a distributed algorithm for control of the electrical power infrastructure/ Van de Vyver, J.; Deconinck, G.; Belmans, R. IEEE International Symposium on, On page(s): 211 – 215, 2003.
19. Liu C. C., Jung J., Heydt G. T., Vittal. V., Phadke A. G. Conceptual design of the strategic power infrastructure defense (SPID) system. IEEE Control Syst. Mag., 2000. pp. 40-52.
20. Tathagat Chakraborty, Akik Biswas, Sudha R. Analysis of Power Transformer Insulation Design Using FEM [Электронный ресурс] Режим доступа : <http://www.ijscce.org/attachments/File/v2i3/C067305231..>, свободный. Загл. с экрана. Яз. англ. (дата обращения: 01.05.2018).

Приложение А



Приложение Б

n_z	Значение K_M при K_H								
	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
4	3,43	3,11	2,64	2,14	1,87	1,65	1,46	1,29	1,14
5	3,23	2,87	2,42	2,00	1,76	1,57	1,41	1,26	1,12
6	3,04	2,64	2,24	1,88	1,66	1,51	1,37	1,23	1,10
7	2,88	2,48	2,10	1,80	1,58	1,45	1,33	1,21	1,09
8	2,72	2,31	1,99	1,72	1,52	1,40	1,30	1,20	1,08
9	2,56	2,20	1,90	1,65	1,47	1,37	1,28	1,18	1,08
10	2,42	2,10	1,84	1,60	1,43	1,34	1,26	1,16	1,07
12	2,24	1,96	1,75	1,52	1,36	1,28	1,23	1,15	1,07
14	2,10	1,85	1,67	1,45	1,32	1,25	1,20	1,13	1,07
16	1,99	1,77	1,61	1,41	1,28	1,23	1,18	1,12	1,07
18	1,91	1,70	1,55	1,37	1,26	1,21	1,16	1,11	1,06
20	1,84	1,65	1,50	1,34	1,24	1,20	1,15	1,11	1,06
25	1,71	1,55	1,40	1,28	1,21	1,17	1,14	1,10	1,06
30	1,62	1,46	1,34	1,24	1,19	1,16	1,13	1,10	1,05
40	1,50	1,37	1,27	1,19	1,15	1,13	1,12	1,09	1,05
50	1,40	1,30	1,23	1,16	1,14	1,11	1,10	1,08	1,04
60	1,32	1,25	1,19	1,14	1,12	1,11	1,09	1,07	1,03
70	1,27	1,22	1,17	1,12	1,10	1,10	1,09	1,06	1,03
80	1,25	1,20	1,15	1,11	1,10	1,10	1,08	1,06	1,01
90	1,23	1,18	1,13	1,10	1,09	1,09	1,08	1,05	1,02
100	1,21	1,17	1,12	1,10	1,08	1,08	1,07	1,05	1,02
120	1,19	1,16	1,12	1,09	1,07	1,07	1,07	1,05	1,02
140	1,17	1,15	1,10	1,08	1,06	1,06	1,06	1,05	1,02
160	1,16	1,13	1,10	1,08	1,05	1,05	1,05	1,04	1,02
180	1,16	1,12	1,10	1,08	1,05	1,05	1,05	1,04	1,01
200	1,15	1,12	1,09	1,07	1,05	1,05	1,05	1,04	1,01