

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет (НИУ)»
Кафедра «Техника и технологии в металлургии»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой

_____ Т.В. Баяндина
« ____ »
_____ 2018 г.

Разработка автоматизированной информационно – измерительной
системы контроля и коммерческого учёта электроэнергии для
департамента по производству плавленного периклаза ПАО «Группа
Магнезит»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ – 13.03.02.2018. 705. ПЗ. ВКР

Руководитель ст. преподаватель
_____ В.В. Михайлов
« ____ » _____ 2018 г.

Автор работы
студент группы ДО – 514
_____ Е.В. Даржаев
« ____ » _____ 2018 г.

Нормоконтролер
к.и.н., доцент
_____ Т.Н. Наволокина
« ____ » _____ 2018 г.

Челябинск 2018

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИУ)»
Кафедра «Техника и технологии в металлургии»
Направление 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ Т.В. Баяндина
_____ 2018 г.

ЗАДАНИЕ
на выпускную квалификационную работу студента
Даржаева Егора Витальевича

Группа ДО-514

1 Тема работы:

Разработка автоматизированной информационно – измерительной системы контроля и коммерческого учёта электроэнергии для департамента по производству плавяного периклаза ПАО «Группа Магnezит»

утверждена приказом по университету от 04.04.2018г. № 650

2 Срок сдачи студентом законченной работы 02.07.2018 г.

3 Исходные данные к работе

1	Задание для выполнения выпускной квалификационной работы
2	Нормативно-техническая литература
3	Материалы курсовых проектов
4	Отчеты по производственной и преддипломной практикам

4 Содержание расчетно-пояснительной записки

1	Титульный лист
2	Задание на выпускную квалификационную работу
3	Аннотация
4	Содержание
5	Введение
6	Сравнение отечественных и передовых зарубежных технологий и

	решений
7	Характеристика потребителей электроэнергии. Требования к надёжности электроснабжения
8	Анализ системы электроснабжения
9	Расчёт потребляемой мощности электроприёмниками предприятия
10	Расчёт токов короткого замыкания
11	Выбор электрооборудования и электрических аппаратов
12	Автоматизация системы учёта
13	Организационно – экономический раздел
14	Безопасность жизнедеятельности
15	Заключение
16	Библиографический список
17	Приложения

5 Перечень вопросов, подлежащих разработке

1	Анализ отечественных и передовых зарубежных технологий и решений
2	Сбор исходных данных для разработки выпускной квалификационной работы
3	Изучение технической литературы и нормативной документации
4	Анализ технологического процесса объекта
5	Разработка структуры системы управления объектом
6	Разработка мероприятий по технике безопасности
7	Расчет технико-экономических показателей

6 Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей, плакатов в виде презентаций в программе Power Point)

1	Разработка автоматизированной информационно – измерительной системы контроля и коммерческого учёта электроэнергии для департамента по производству плавленого периклаза ПАО «Группа Магнезит», автор работы Даржаев Е.В., руководитель Михайлов В.В.
2	Схема электроснабжения
3...10	Основная часть разработки. Приводятся структурные, функциональные и электрические схемы проектируемого объекта, основные расчеты узлов и блоков, результаты экспериментальных исследований и

	модернизации и т.п.
11	Экономическая обоснование
12	Выводы ректа

7 Календарный план выполнения ВКР

№ п/п	Наименование этапов выполнения выпускной квалификационной работы	Срок выполнения этапов работы
1	Поиск и исследование литературы по теме выпускной квалификационной работы	28.04.2018 – 06.05.2018
2	Разработка и согласование с руководителем 1 и 2-го разделов ВКР	07.05.2018 – 15.05.2018
3	Подбор, изучение и проработка практических материалов, разработка и согласование с руководителем 3 и 4-го разделов ВКР	16.05.2017 – 15.06.2018
4	Согласование с руководителем введения, выводов и предложений	16.06.2018 – 20.06.2018
5	Сдача ВКР для нормоконтроля	21.06.2018 – 29.06.2018
6	Проверка ВКР на заимствование в системе «Антиплагиат»	29.06.2018 – 01.07.2018
7	Представление ВКР на кафедру	02.07.2018
8	Подготовка доклада и графического материала	03.07.2018 – 09.07.2018
9	Проведение предварительной защиты ВКР	10.07.2018
10.	Защита выпускной квалификационной работы	12.07.2018 – 14.07.2018

8 Дата выдачи задания 04.04.2018 г.

Руководитель ВКР _____ В.В. Михайлов
(подпись) (И.О. Ф.)

Задание _____ принял _____ К
исполнению _____ Е.В. Даржаев
(подпись студента) (И.О. Ф.)

13.03.02.2018.705.00.00.ПЗ

лист

АННОТАЦИЯ

Даржаев Е.В. Разработка автоматизированной информационно – измерительной системы контроля и коммерческого учёта электроэнергии для департамента по производству плавленного периклаза ПАО «Группа Магнезит» – Челябинск: ЮУрГУ, ТТМ; 2018, 103 с., 23 ил., 24 табл., 3 прил., 12 л. графической части в виде презентаций в программе Power Point, 3 прил., библиографический список – 31 наим.

В настоящей выпускной квалификационной работе рассмотрен вопрос разработки автоматизированной информационно – измерительной системы контроля и коммерческого учета электроэнергии для Департамента по производству плавленного периклаза ООО «Группа Магнезит». Целью данной работы является реконструкция системы учёта, потребляемой электрической энергии, Департамента по производству плавленного периклаза.

В данной работе автоматизировано информационно – измерительная система контроля и коммерческого учета электроэнергии выполнена на современной элементной базе Российского предприятия Эльстер Метроника. Произведён анализ системы электроснабжения и электроприёмников департамента, а так же произведён выбор расположения точек учёта электрической энергии. Выбрано современное электрооборудование, отвечающее необходимым требованиям.

В организационно – экономическом разделе выполнен расчёт единовременных вложений и срок окупаемости автоматизированной информационно – измерительной системы контроля и коммерческого учета электроэнергии.

В разделе безопасности жизнедеятельности произведен анализ всех производственных и экологических опасностей. Предусмотрены меры по охране труда и определены требования производственной санитарии. Рассмотрены вопросы экологии и гражданской обороны.

				13.03.02.2018.705.00.00.ПЗ					
			№						
Р	Дар								
П	Мих								
И	Нав								
У	Бая								
				Разработка автоматизированной информационно – измерительной системы контроля и коммерческого учёта электроэнергии для департамента		Л	В	4	лист
				13.03.02.2018.705.00.00.ПЗ		ЮУрГУ Кафедра ТТМ			

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ПЕРЕДОВЫХ ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ.....	Error! Bookmark not defined.
2 ХАРАКТЕРИСТИКА ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ТРЕБОВАНИЯ К НАДЁЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ.....	Error! Bookmark not defined.
2.1 Характеристика потребителей электроэнергии	21
2.2 Требования к надёжности и качеству электроснабжения	21
3 АНАЛИЗ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ.....	21
4 РАСЧЕТ ПОТРЕБЛЯЕМОЙ МОЩНОСТИ ЭЛЕКТРОПРИЁМНИКАМИ ПРЕДПРИЯТИЯ.....	24
4.1 Выбор оборудования АИИСКУЭ.....	29
4.2 Расчёт электрических нагрузок	29
5. РАСЧЕТ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ.....	31
6 ВЫБОР ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ	42
6.1 Выбор высоковольтных трансформаторов тока	42
6.2 Проверка измерительных трансформаторов напряжения	46
7 АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УЧЕТА	49
7.1 Выбор АИИСКУЭ.....	49
8 ОРГАНИЗАЦИОННО – ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	58
8.1 Расчёт единовременных затрат.....	58
8.2 Расчет текущих затрат для разрабатываемого варианта.....	59
8.3 Расчет текущих затрат для базового варианта.....	62
8.4 Экономический эффект от автоматизации системы учёта электрической энергии	59
9 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	61
9.1 Анализ производственных и экологических опасностей	61
9.2 Выбор нормативных значений факторов рабочей среды и трудового процесса	67
9.3 Охрана труда.....	68
9.4 Производственная санитария.....	73
9.5 Экологическая безопасность.....	79
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	77
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	78
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	
.....	
ПРИЛОЖЕНИЕ А	80
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	Error! Bookmark not defined.
ПРИЛОЖЕНИЕ В	102

ВВЕДЕНИЕ

«Группа Магнезит», крупнейший в России и СНГ производитель огнеупорных материалов. История «Группы Магнезит» неразрывно связана с историей возникновения и развития комбината «Магнезит». Сегодня в состав «Группы Магнезит» входят: ООО «Группа Магнезит» в составе головного офиса в Сатке и ряда регионов, торговых представительств, обеспечивающих полный охват территорий России и стран СНГ; 11 производственных площадок, расположенных на территории России, Китая, Германии и Словакии – ОАО «Комбинат «Магнезит» (Сатка), ООО «Кыштымский огнеупорный завод» (г. Кыштым), ООО «Магнезит – Интокаст – Сатка» (Сатка), ООО «НПК «Магнезит» (Сатка), ООО «Сибирский магнезит» (Красноярский край, пос. Раздолинск), ЗАО «Раздолинский периклазовый завод» (пос. Раздолинск), Yingkou Damond Refractories Co., Ltd. (Китай), Wixi Nanfang Dalmond Refractories Co., Ltd. (Китай), Yingkou Xinghe Refractories Co., Ltd. (Китай), Dalmond Feuerfest Siegburg GmbH & Co. KG (Германия), Slovmag a. s. (Словакия); ООО «Магнезит Монтаж Сервис» (Чел. обл.), создана для монтажа и обслуживания тепловых агрегатов цементной и других отраслей промышленности; ООО «Торговый Дом «Неруд Инвест»», основным видом деятельности которого является производство и продажа строительного щебня, вырабатываемого из плотных горных пород Саткинского месторождения. «Группа Магнезит» разрабатывает 2 крупнейших месторождения магнезита на территории РФ – в Сатке и в пос. Раздолинск. Общие разведанные запасы магнезита на месторождениях группы превышают 160 млн. тонн. Собственной сырьевой базой обладает также предприятие Slovmag (Словакия). Сбытовая инфраструктура группы охватывает все промышленные регионы России. «Группа Магнезит» имеет широкую сеть регионов представительств. Представительства сбытовых компаний находятся также в Казахстане, Узбекистане, на Украине, в Китае, Германии, Польше и Словакии. «Группа Магнезит» предлагает полный спектр огнеупорных материалов на основе магнезита для любых видов тепловых агрегатов: формованные и неформованные огнеупоры, весь спектр оксидоуглеродистых и алюмопериклазоуглеродистых изделий, корундо – графитовые изделия для разлива стали — а также неогнеупорную продукцию на основе соединений магния, щебень и другие строительные материалы. Ежегодно на предприятиях группы производится более 1,5 млн. тонн высококачественных огнеупорных материалов. Вся продукция соответствует требованиям международных стандартов. «Группа Магнезит» обеспечивает полный цикл производства – от добычи и переработки сырья до сервисного обслуживания огнеупорной продукции. Сырьевую независимость «Группы Магнезит» обеспечивают крупнейшие месторождения магнезита на территории РФ, делающие компанию мировым лидером по запасам сырья для производства огнеупоров. Партнерами

группы являются более 1200 компаний, в т. ч. крупнейшие предприятия черной металлургии: ОАО «ММК», ОАО «Северсталь», ОАО «Западно – Сибирский металлургический комбинат», ОАО «Новокузнецкий металлургический комбинат», ОАО «Нижнетагильский металлургический комбинат», ОАО «Миттал Стил Кривой Рог» и другие; цветной металлургии: ОАО ГМК «Норильский никель», ОАО «Уралэлектромедь», ОАО «Южуралникель» и другие; цементной промышленности: ОАО «Евроцемент груп», Heidelberg Zement Group, Lafarge и др. «Группа Магнезит» постоянно расширяет сотрудничество с крупнейшими производителями огнеупоров, ведет интенсивный обмен опытом, ищет возможности для реализации совместных проектов, привлекает лучших отраслевых специалистов.

Основные стратегические цели «Группы Магнезит»: рост стоимости бизнеса; рост доли группы на рынках огнеупорной продукции и услуг России и стран СНГ; рост социальной ответственности и общественной значимости группы.

Непосредственно Департамент по производству плавленного периклаза в структуре ООО «Группа Магнезит». Производство которого заключается в плавке исходных материалов в рудотермических печах с последующим дроблением продуктов плавки и рассевом на требуемые фракции. Готовой продукцией являются плавленные порошки широкого ассортимента (по фракциям и виду материала). Также в департаменте имеется линия по приготовлению неформованных масс. Строительство департамента велось в основном силами завода. 30.12.1977 года. Государственной приемочной комиссией подписан акт приемки в эксплуатацию законченных строительством объектов пускового комплекса производства плавленных огнеупоров первой очереди производительностью 5,3 тыс. тонн в год.

В январе 1978 году была выпущена первая продукция департамента – плавленный периклаз.

В дальнейшем в департаменте постоянно увеличивался выпуск продукции, также расширялся ассортимент выпускаемых порошков. В связи с этим обновлялось и оборудование; созданы новые участки по переработке электроплавленных материалов, новые технологические линии дробления и отсева.

С 2003 года департамент подразделяется на 3 отделения это:

- участок электропечей (участок по обжигу огнеупорных материалов в электропечах);
- участок помола;
- участок газоочистки (№ 1, 2).

В 2004 году – произведен пуск в работу крытого участка разделки блоков.

Комплекс проведенных работ позволил увеличить мощность цеха почти в 3 раза по сравнению с установленной.

В настоящее время департамент выпускает более 10 видов продукции, основными из них являются:

- плавленный периклаз;

плавленный периклазохромит;
плавленая алюмомагниева шпинель;
плавленный хромконцентрат.

Постоянно обновляется и расширяется ассортимент плавленных порошков. Комбинат в настоящее время в основном обходится электроплавленными порошками собственного производства. Задача на перспективу – полностью освободиться от зависимости от китайских поставщиков электроплавленого периклаза.

Многие предприятия, рано или поздно, сталкиваются с необходимостью оптимизации учета энергоносителей и повышения эффективности их использования. И это не случайно – в условиях постоянно растущих цен на энергетические ресурсы гораздо быстрее приходит осознание, что их можно и нужно экономить. Департамент по производству плавленных периклазов нуждается в оптимизации затрат на энергоресурсы.

Огнеупорная промышленность является крупнейшим потребителем энергетических ресурсов. Как показывает отечественный и зарубежный опыт энергосбережения, возможно значительно сократить расход энергоресурсов путем внедрения системы АИИСКУЭ на предприятии. Достоверность и оперативность учета электрической энергии становится все более актуальной задачей для всех без исключений предприятий огнеупорной отрасли.

Текущая система технического учёта электроэнергии департамента не позволяет в настоящее время получить объективные данные по расходу электрической энергии, вести жёсткий контроль использования энергоресурсов и отслеживать удельные нормы потребления электроэнергии. В настоящее время, в рамках реструктуризации предприятия планируется вывести департамент из состава ООО «Группа Магнезит», что повлечет за собой проблему организации коммерческого учета электроэнергии и проектирование АИИСКУЭ будет лучшим выходом из сложившегося положения.

АИИСКУЭ – совокупность аппаратных и программных средств, обеспечивающих дистанционный сбор, хранение и обработку данных об энергетических потоках в электросетях.

АИИСКУЭ необходима для автоматизации торговли электроэнергией. Также АИИСКУЭ выполняет технические функции контроля за режимами работы электрооборудования. Иерархическая система, представляющая собой техническое устройство, функционально объединяющее совокупность измерительно – информационных комплексов точек измерений, информационно – вычислительных комплексов электроустановок, информационно – вычислительного комплекса и системы обеспечения единого времени, выполняющее функции проведения измерений, сбора, обработки и хранения результатов измерений, информации о состоянии объектов и средств измерений, а также передачи полученной информации в интегрированную автоматизированную систему управления коммерческим учетом на оптовом рынке электроэнергии в автоматизированном режиме.

АИИСКУЭ – это комплекс контрольно–измерительной аппаратуры, коммуникаций связи (сетей передачи данных), ЭВМ и программного обеспечения (ПО). По своей сути задача состоит в точном измерении количества потребленной или переданной энергии и мощности (возможно, с учетом суточных, зонных или других тарифов), обеспечении возможности хранения этих измерений (например, в течении месяца, года и т.д.) и доступа к этим данным для произведения расчетов с поставщиком/потребителем. Кроме того, важной составляющей является возможность анализа потребления (передачи) энергии и мощности. Иногда анализ режимов потребления за месяц и более позволяет обнаружить существенные просчеты в организации работы предприятия с точки зрения потребления электроэнергии.

Основное назначение системы АИИСКУЭ – в определенных интервалах времени (трехминутных, получасовых и пр.) собрать в центрах управления все данные о потоках электроэнергии на всех уровнях напряжения и обработать полученные данные таким образом, чтобы обеспечить составление отчетов за потребленную или отпущенную электроэнергию (мощность), проанализировать и построить прогнозы по потреблению (генерации), выполнить анализ стоимостных показателей и, наконец, самое важное – произвести расчёты за электрическую энергию.

Применение АИИСКУЭ в департаменте по производству плавяных периклазов предоставляет возможность отслеживать потребление электроэнергии в самой тесной связи с выпуском продукции, что приведет к росту ресурсосбережения и энергоэффективности на предприятии.

В этом и заключается высокая актуальность рассматриваемой темы – снизить платежи за электроэнергию для предприятия путем создания АИИСКУЭ.

Целью работы являются:

– снижение затрат на электроэнергию для Департамента по производству плавяного периклаза ООО «Группа Магнезит».

Задачами работы являются:

– проанализировать систему электроснабжения Департамента по производству плавяного периклаза ООО «Группа Магнезит» для разработки оптимальной схемы АИИСКУЭ;

– разработать структуру системы АИИСКУЭ;

– произвести расчет и выбор оборудования АИИСКУЭ;

– произвести технико-экономический расчет целесообразности выбора тарифа на электроэнергию при заключении договора на электроснабжение.

Объект: система электроснабжения Департамент по производству плавяных периклазов ООО «Группа Магнезит».

Предмет: автоматизировано информационно – измерительная система контроля и коммерческого учета электроэнергии Департамента.

Практическая значимость исследования будет заключаться в том, что по его итогам будет принято окончательное решение о создании АИИСКУЭ на предприятии.

1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ПЕРЕДОВЫХ ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ

Во многих субъектах РФ энергетики оказываются в обстановке информационной недостаточности об объемах отпущенной/потребленной электроэнергии. Результат – финансовые потери, исчисляемые в миллионах рублей. Оптимальный выход из сложившейся ситуации – построение автоматизированных информационно – измерительных систем контроля и коммерческого учета электроэнергии (АИИСКУЭ), уже не раз подтвердивших свою рентабельность и необходимость.

Автоматизированные информационно – измерительные системы контроля и коммерческого учёта электроэнергии (АИИСКУЭ) являются одним из самых растущих и перспективных сегментов рынка промышленной автоматизации. Развитие этого рынка обусловлено необходимостью повышения конкурентоспособности российских предприятий, уменьшения издержек на производство и отказом от затратной схемы ценообразования.

Благодаря электронным компонентам зарубежного производства российские производители стали шире использовать современные сетевые средства и цифровую технологию получения и обработки данных. Достаточно сказать, что сегодня больше половины выпускаемых приборов измерения расхода электроэнергии.

По ряду параметров характеристики лучших средств учёта российских производителей находятся на мировом уровне. Ставропольское НПО «Энергомера» существенным образом усовершенствовало архитектуру АИИСКУЭ в первую очередь в направлении унификации устройств сбора данных, во-вторых – в направлении создания контроллеров, обеспечивающих хранение архивов и передачу информации в ПЭВМ, в третьих – в направлении разработки простого в обращении пакета программ АИИСКУЭ.

Основой для эффективной системы может стать качественное оборудование от надежного изготовителя. Именно такую продукцию уже много лет успешно разрабатывает и производит ведущая отечественная компания – производитель современных приборов и оборудования для организации энергоучета – Концерн «Энергомера».

АО «Электротехнические заводы «Энергомера» – дочерняя компания ОАО «Концерн Энергомера», которая работает в одном из четырех бизнес – сегментов Концерна – электротехническом приборостроении.

Компания является признанным лидером на российском рынке приборов и систем учета электроэнергии. Ежегодно с конвейеров заводов «Энергомера» сходит более трех миллионов счетчиков.

Каждый третий электронный счетчик электроэнергии, эксплуатирующийся на территории России, носит торговую марку «Энергомера».

Торговая марка «Энергомера» известна и на глобальном рынке. Так, в последнем исследовании английской компании «ABS Energy Research»

«Энергомера» занимает 7 место среди ведущих мировых производителей счетчиков электроэнергии. Имеет класс точности: 0,2S; 0,5; 0,5S; 1; 2.

Московский завод электроизмерительных приборов (МЗЭП) начал свою деятельность в 1935 году и в настоящее время является одним из крупнейших в России производителей счетчиков электрической энергии.

На рубеже 90-х годов, когда нарушились прежние хозяйственные связи и наметился общий спад производства, МЗЭП сумел сохранить рабочие кадры и свою научно-производственную базу. Была разработана программа полного технического преобразования: в короткий срок проведена реконструкция заводской площадей, закуплено современное оборудование, расширено производство, как за счет внедрения собственных инженерных проектов, так и за счет партнерства с ведущими мировыми производителями. Начато серийное производство автоматизированной системы коммерческого учета электроэнергии.

Московский завод электроизмерительных приборов является одним из первых предприятий, которое вывело Россию на уровень точности (класс 2,0) электросчетчиков, принятый во всем мире. В 2002 году были запущены в производство высокоточные цифровые микропроцессорные счетчики класса точности 0,2 S и 0,5 S, разработанные для использования в составе автоматизированных информационно – измерительных систем (АИИСКУЭ) на промышленных предприятиях и объектах энергетики.

Вся продукция завода производится на самом современном технологическом оборудовании. На предприятии создана и работает система качества, сертифицированная на соответствие международному стандарту DIN EN ISO 9001:2000, что позволяет заводу выпускать продукцию, отвечающую требованиям мировых стандартов. Технологические и организационные возможности, компетентность персонала предприятия, безопасность производства, продукции и услуг соответствуют требованиям системы сертификации «ЭнСЕРТИКО».

В это же время ведущие зарубежные фирмы, такие как Itron Electricity, «АББ» и «Эльстер Метроника», давно работающие на российском рынке, быстро заняли заметные позиции на рынке систем и средств учёта электроэнергии.

В области систем учёта расхода электроэнергии и контроля мощности совместные предприятия «АББ ВЭИ Метроника» (концерн «АББ и ВЭИ»), «АББ Реле-ЧебоксарыМ» («АББ» и Чебоксарский электроаппаратный завод и Всероссийский научно-исследовательский институт релестроения).

Компания "АББ" в ее нынешнем виде была создана в 1988 году, но её история насчитывает более 120 лет. Успех АББ был обусловлен тем, что компания делала акцент на исследованиях и разработках. Сейчас АББ поддерживает семь корпоративных исследовательских центров по всему миру и продолжает инвестировать в них средства, реализуя новейшие разработки и решения.

Все счетчики компании АББ сертифицированы на соответствие международным требованиям МЭК/IEC 61268 и МЭК/IEC 61036. Счетчики прошли испытания в России и соответствуют нормативным документам ГОСТ 30207 и ГОСТ 51522. Они зарегистрированы в Государственном реестре средств измерений и допущены к применению в Российской Федерации. Существуют три линейки продукции: DELTAsingle, ODIN и DELTAplus. В совокупности, благодаря возможностям интеллектуального программирования, они представляют сотни вариантов для различных областей применения. Счетчики Delta и ODIN – самые малогабаритные счетчики электроэнергии и могут быть установлены в любой электрошкаф. Благодаря этому, а также своим техническим характеристикам счетчики компании АББ применяются для установки на предприятиях.

Направление Itron Electricity (бывш. Actaris), занятое производством приборов учёта электроэнергии, насчитывает 11 заводов–изготовителей, производящих счетчики электроэнергии, реализуемые более чем в 60 странах мира. Преимущества счётчиков для измерения активной электрической энергии: долгосрочная стабильность метрологических параметров, широкий диапазон токов, возможность применения различных вариантов программного параметрирования счетчика, импульсный выход согласно требований IEC 62053 – 31 для работы в системах предоплаты или в составе информационно-измерительных систем.

Эльстер Метроника (ранее АББ ВЭИ Метроника) – российское предприятие, входящее в группу ELSTER, которая объединяет крупнейших в мире производителей приборов и систем учета электроэнергии, тепла, воды и газа.

Эльстер Метроника – ведущее предприятие России и Европы по производству оборудования для автоматизированных систем учета электроэнергии. На заводе Эльстер Метроника в Москве применяется универсальная технология АЛЬФА, которая используется на всех заводах группы Эльстер в мире, производящих счетчики электроэнергии. Её основная особенность в изготовлении измерительных микропроцессоров по специальной технологии, обеспечивающей 100 % соблюдение метрологических характеристик счетчиков. Это позволяет выпускать продукцию с требуемыми характеристиками без операции выбора годных и отбраковки, не удовлетворяющих стандарту изделий. При производстве осуществляется обязательное тестирование каждого счетчика. Заказчик получает уже поверенный счётчик, опечатанный пломбами завода и Госстандарта. Сегодня на заводе в Москве производится более 1000 различных модификаций счётчиков электроэнергии. Класс точности данных счетчиков: 0,1, 0,2 S, 0,5 S, и др. Данный производитель счетчиков имеет множество преимуществ к примеру, журналы (событий, изменений, авточтений, провалов напряжения, мониторинга сети (в том числе, фиксация токов сети при отсутствии напряжения, небаланс напряжения и тока, отсутствие тока)). В том числе Эльстер Метроника имеет широкий выбор счетчиков. Эльстер Метроника располагает уникальным опытом реализации крупных проектов АИИСКУЭ для ОАО "ФСК ЕЭС", ОАО

"РЖД", концерн РОСЭНЕРГОАТОМ, АО-Энерго, энергосистем Казахстана, Армении, Грузии, электростанций, нефтегазовых и металлургических предприятий.

В таблице 1.1 представлено сравнение отечественных и зарубежных производителей интеллектуальных счётчиков электрической энергии, которые возможно использовать в составе АИИСКУЭ, данные по стоимости и типу приведены предварительно и будут заменены в ходе разработки дипломной работы.

Как следует из таблицы 1.1 наиболее привлекательными вариантами для планируемой к разработке АИИСКУЭ являются счетчики производства МЗЭП и Эльстер Метроника. Электросчетчик МЗЭП – уступает в Эльстер Метроника в межповерочном интервале, в ценовой категории они практически одинаковы, в связи с этим выбраны счетчики от Эльстер Метроника.

Таблица 1.1 – Сравнение отечественных и зарубежных производителей счётчиков электрической энергии, используемых в составе АИИСКУЭ

Параметр счётчика	МЗЭП	АББ	Эльстер Метроника	Itron Electricity	Энергомера
Класс точности	0,2; 1,0	0.5;1.0	0,2; 0,5	1,0; 2,0	0,2; 1,0
Количество тарифов	4	4	4	6	4
Тип отчётного устройства	ЖКИ	ЖКИ	ЖКИ	ЖКИ	ЖКИ
Срок службы	30	30	30	25	30
Межповерочный интервал	12	16	16	16	8
Средняя цена, руб.	16800	19900	18200	20200	18600

Вывод:

В данном разделе представлено сравнение отечественных и зарубежных производителей средств учёта электроэнергии. Как зарубежные, так и отечественные производители выпускают продукцию соответствующую требуемым ГОСТам и отвечающую требованиям мировых стандартов. Наиболее привлекательным вариантом для разрабатываемой АИИСКУЭ является электросчетчики производства Эльстер Метроника, т.к:

- они имеют привлекательную цену (дешевле их только электросчетчики производства МЗЭП);
- имеют больший межповерочный интервал, чем электросчетчики производства МЗЭП и Энергомера;

– на головном предприятии уже имеется лицензия на ПО «Альфа– Центр», которое позволяет работать и подключать к АИИСКУЭ электросчетчики производства Эльстер Метроника.

2 ХАРАКТЕРИСТИКА ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ТРЕБОВАНИЯ К НАДЁЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

2.1 Характеристика потребителей электроэнергии

Основным электрооборудованием Департамента по производству плавленного периклаза являются оборудование участков электропечей, помола и газоочистки (№ 1 и № 2) – ЦМП – 4.

В комплекс оборудования участков электропечей входит следующее электрооборудование:

– электрооборудование электропечей (электропечи, привод тележки, привод толкателя и пр.);

На участке газоочистки основным электрооборудованием дымососы.

На участках помола входит электрооборудование приводов дробилок, грохотов, конвейеров, аспирационных установок, дозаторов, элеваторов, классификаторов и питателей.

Также во всех подразделениях департамента имеется грузоподъемные механизмы (мостовые краны и тельферы) и сварочные агрегаты.

Для электрооборудования существуют три режима работы:

1) продолжительный, в котором машины могут работать долго, и превышение температуры отдельных частей машины не выходит за установленные пределы. К такому типу работы можно отнести большинство электрооборудования департамента – привода печей, дымососы, привода конвейеров и т.д;

2) повторно-кратковременный, здесь рабочие периоды t_p чередуются с периодами пауз t_0 , а длительность всего цикла не превышает 10 минут. В этом режиме работают электродвигатели мостовых кранов, вибраторов, сварочные аппараты;

3) кратковременный, при котором рабочий период не настолько длителен, чтобы температуры отдельных частей машины достигали установившегося значения, а период остановки настолько длителен, что машина успевает охладиться до температуры окружающей среды. Тельфер, наждак, заточной станок.

В Приложении А приведена ведомость электроприемников цеха ЦМП – 4 департамента.

2.2 Требования к надёжности и качеству электроснабжения

Приёмники электроэнергии в отношении обеспечения надёжности электроснабжения согласно ПУЭ (раздел 1, глава 1.2) разделяются по двум параметрам: количество независимых источников питания и длительность перерыва электроснабжения.

В отношении обеспечения надёжности электроснабжения электроприемники разделяются на следующие три категории:

Электроприемники I категории – электроприемники, перерыв электроснабжения которых может повлечь за собой: опасность для жизни людей, значительный ущерб народному хозяйству; повреждение дорогостоящего основного оборудования, массовый брак продукции, расстройство сложного технологического процесса, нарушение функционирования особо важных элементов коммунального хозяйства.

Из состава электроприемников I категории выделяется особая группа электроприемников, бесперебойная работа которых необходима для безаварийного останова производства с целью предотвращения угрозы жизни людей, взрывов, пожаров и повреждения дорогостоящего основного оборудования.

Электроприемники II категории – электроприемники, перерыв электроснабжения которых приводит к массовому недоотпуску продукции, массовым простоям рабочих, механизмов и промышленного транспорта, нарушению нормальной деятельности значительного количества городских и сельских жителей.

Электроприемники III категории – все остальные электроприемники, не подходящие под определения I и II категорий.

Электроприемники I категории должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых взаимно резервирующих источников питания, и перерыв их электроснабжения при нарушении электроснабжения от одного из источников питания может быть допущен лишь на время автоматического восстановления питания.

Для электроснабжения особой группы электроприемников I категории должно предусматриваться дополнительное питание от третьего независимого взаимно резервирующего источника питания.

В качестве третьего независимого источника питания для особой группы электроприемников и в качестве второго независимого источника питания для остальных электроприемников I категории могут быть использованы местные электростанции, электростанции энергосистем (в частности, шины генераторного напряжения), специальные агрегаты бесперебойного питания, аккумуляторные батареи и т. п.

Если резервированием электроснабжения нельзя обеспечить необходимой непрерывности технологического процесса или если резервирование электроснабжения экономически нецелесообразно, должно быть осуществлено технологическое резервирование, например, путем установки взаимно резервирующих технологических агрегатов, специальных устройств безаварийного останова технологического процесса, действующих при нарушении электроснабжения.

Электроснабжение электроприемников I категории с особо сложным непрерывным технологическим процессом, требующим длительного времени на восстановление рабочего режима, при наличии технико-экономических обоснований рекомендуется осуществлять от двух независимых взаимно резервирующих источников питания, к которым предъявляются

дополнительные требования, определяемые особенностями технологического процесса.

В данной работе примерами электроприемников особой группы являются, к примеру, электродвигатели задвижек, приводы вентиляторов, компрессоров, насосов охлаждения печей, дымососы, естественно сами печи а также аварийное электрическое освещение.

Электроприемники II категории рекомендуется обеспечивать электроэнергией от двух независимых взаимно резервирующих источников питания.

Для электроприемников II категории при нарушении электроснабжения от одного из источников питания допустимы перерывы электроснабжения на время, необходимое для включения резервного питания действиями дежурного персонала или выездной оперативной бригады.

Допускается питание электроприемников II категории по одной ВЛ, в том числе с кабельной вставкой, если обеспечена возможность проведения аварийного ремонта этой линии за время не более 1 сут. Кабельные вставки этой линии должны выполняться двумя кабелями, каждый из которых выбирается по наибольшему длительному току ВЛ. Допускается питание электроприемников II категории по одной кабельной линии, состоящей не менее чем из двух кабелей, присоединенных к одному общему аппарату.

При наличии централизованного резерва трансформаторов и возможности замены повредившегося трансформатора за время не более 1 сут. допускается питание электроприемников II категории от одного трансформатора.

Для электроприемников III категории электроснабжение может выполняться от одного источника питания при условии, что перерывы электроснабжения, необходимые для ремонта или замены поврежденного элемента системы электроснабжения, не превышают 1 сут.

Надежность электроснабжения – способность системы обеспечить предприятие электроэнергией хорошего качества.

Правильное определение необходимой степени надежности питания цеха и электроприемников является одним из основных условий, оказывающих решающее влияние на выбор рациональной системы электроснабжения. Требования, предъявляемые к надёжности электроснабжения от источников питания, определяются потребляемой мощностью объекта и его видом.

В качестве примера в таблице 2.1 приведены электроприёмники ЦМП–4 департамента по категории надёжности электроснабжения. В данной работе взяты все электроприемники по стороне 6кВ.

Особый интерес для нас предоставляет характеристика распределительных устройств 6 кВ, питающих подразделения департамента, т.к. в них и будет размещаться устройства разрабатываемой АИИСКУЭ, поэтому ниже в таблице 2.3 приведена характеристика их среды.

Сведения о среде производственных помещений департамента представлены в таблице 2.2.

Таблица 2.1 – Электроприёмники департамента (ЦМП – 4) по категории надёжности электроснабжения

Электроприёмники	Категория надёжности
Дымосос № 10	1
Дымосос № 11	1
Дымосос № 12	1
Электродпечь № 1	1
Электродпечь № 2	1
Электродпечь № 3	1
Электродпечь № 4	1
Электродпечь № 5	1
Электродпечь № 6	1
Электродпечь № 7	1
Электродпечь № 8	1
Электродпечь № 9	1
Электродпечь № 10	1
ООО "Магнезит – торкрет – массы"	2
ЗЖБИ (ввод № 1)	1
ЗЖБИ (ввод № 2)	1
Подстанция № 90 Т1 (ввод № 1)	1
Подстанция № 89 Т2 (ввод № 2)	1
Подстанция № 89 Т1 (ввод № 1)	1
Подстанция № 90 Т2 (ввод № 2)	1
Резерв	3
Резерв	3
Подстанция № 103 Т1 (ввод № 1)	2
Подстанция № 103 Т2 (ввод № 2)	2

Таблица 2.2 – Сведения о среде производственных помещений департамента

№ п/п	Наименование цеха	Характеристика производственной среды (согласно ПУЭ)
1	Участок электродпечей ЦМП – 4	запыленность
		жаркое помещение
2	Участок помола ЦМП – 4	запыленность
		повышенная вибрация
3	Участок газоочистки (№ 1 и № 2) ЦМП – 4	запыленность,
		повышенная вибрация

В департаменте по производству плавяных периклазов, а точнее непосредственно в цеху ЦМП – 4, имеется сильная запыленность, практически во всех отделениях.

Таблица 2.3 – Сведения о среде ЗРУ (РУ) 6 кВ, питающих департамент

наименование РУ - 6 кВ	Тип помещения РУ - 6 кВ	Характеристика производственной среды (согласно ПУЭ)
пс № 88	встроенное	запыленность
пс № 101	встроенное	запыленность
пс № 125	встроенное	запыленность
пс № 103	пристроенное	нормальные условия
пс № 90	встроенное	запыленность
пс № 89	встроенное	запыленность

Вывод:

1. Как следует из таблицы 2.1 подавляющее большинство электроприемников отделения электропечей ЦМП – 4 департамента по производству плавяных периклазов, относится к 1 категории надёжности электроснабжения.

2. Как следует из таблиц 2.2 и 2.3 большинство помещений департамента относятся к пыльным помещениям, тоже самое относится к помещениям (ЗРУ) РУ - 6 кВ, питающих департамент – из них только пс № 103 имеет нормальные условия. Т.е. при разработке системы АИИСКУЭ необходимо будет выбрать оборудование в пылезащищенном исполнении.

3 АНАЛИЗ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Схемы электрических сетей должны обеспечивать надежность питания потребителей электроэнергии, быть удобными в эксплуатации. При этом затраты на сооружение линии, расходы проводникового материала и потери электроэнергии должны быть минимальными.

Внутрицеховые питающие силовые сети могут выполняться как магистральными, так и радиальными. Выбор вида сети зависит от планировки технологического оборудования, требований по бесперебойности электроснабжения, условий окружающей среды, вероятности изменения технологического процесса, вызывающего замену технологического оборудования, размещения цеховых ТП. Каждый вид прокладки имеет свою предпочтительную область применения.

Схемы электроснабжения приёмников электрической энергии промышленных предприятий зависят от мощности отдельных приёмников, их количества, распределения по территории и других факторов и должны отвечать следующим требованиям:

- обеспечить необходимую надёжность электроснабжения в зависимости от категории приёмников;
- иметь оптимальные технико-экономические показатели по капитальным затратам, расходу цветных металлов, эксплуатационным расходам и потерям энергии;
- быть удобными в эксплуатации;
- допускать применение промышленных и скоростных методов монтажа.

Подача электроэнергии в рассматриваемый департамент осуществляется с головных подстанций ПС 110/6 кВ «Брусит» I, II, III и IV секций шин. В свою очередь подстанция "Брусит" питается с 2х вводов, ВЛ – 110кВ "Сатка" и ВЛ – 110кВ "Сулея". Они приходят на подстанцию "Брусит" 110кВ и понижается до 6кВ, трансформаторами ТМ – 125МВА (Сулея) и ТМ – 225 МВА (Сатка). Далее по линии 6 кВ трансформатор ТМ – 1 запитывает секцию шин I, III а трансформатор ТМ – 2 запитывает секцию шин IV, II. Далее подстанция № 88 питается с секции шин 6 кВ, I и II секции, подстанции 103, 101, 125 питается с IV и III секции шин 6 кВ. Также подстанции 90 и 89 понижают 6 кВ до 0,4 кВ питающихся с подстанции 88, включительно 103 понижает до 0,4 кВ.

Подстанция 88 питает Дымосос: № 10, № 11, № 12; Электродпечь: № 8, № 5, № 10, № 6, № 7; и ПС 90 и 89. Подстанция 101 питает Электродпечь: № 3, № 1; ООО «Магнезит – торкрет - массы»; ЗЖБИ. Подстанция 125 питает 3 печи: Электродпечь № 4, № 2, № 9.

На рисунке 3.1 представлена структурная схема электроснабжения Департамента по производству плавленых периклазов.

Электроснабжение Департамента осуществляется на 3 отделения, из которых основные трансформаторы стоят в отделении электродпечей напряжении 6 кВ:

Для электроснабжения Департамента применяется только радиальная схема распределения электроэнергии. Такая схема питания позволяет безболезненно выводить в ремонт или ревизию один из цеховых трансформаторов во время ремонта технологического оборудования.

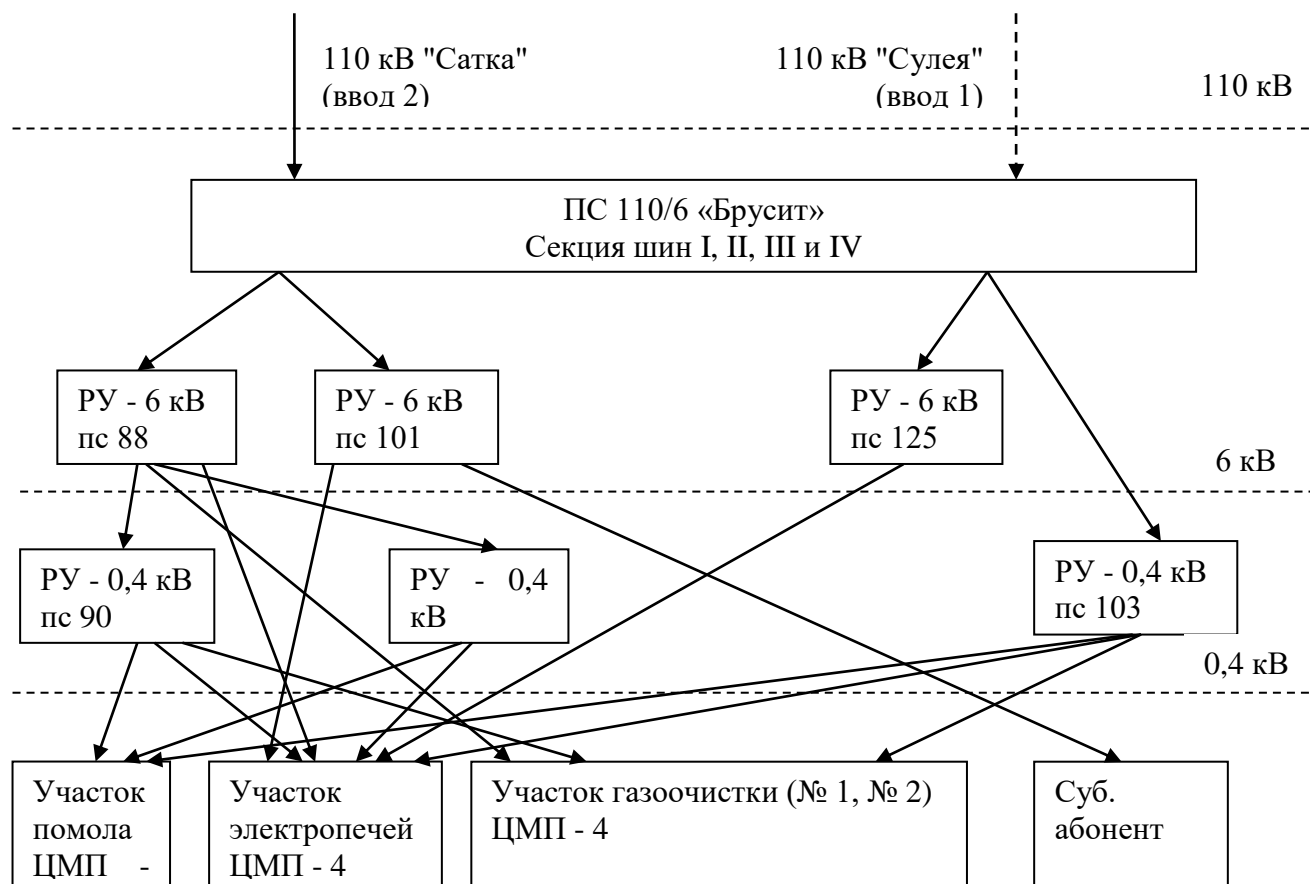


Рисунок 3.1 – Структурная схема электроснабжения Департамента по производству изделий

Принципиальные однолинейные схемы электроснабжения ПС «Брусит» приведены в Приложении Б.

Перейдем к описанию схемы электроснабжения цехов департамента:

Номинальное напряжение, на котором осуществляется электроснабжение составляет 6 кВ. Распределительные сети предприятия напряжением 6 кВ выполнены исключительно кабельными линиями. В качестве единственного способа прокладки выбрана прокладка кабелей в траншее (в одной траншее допускается прокладка не более шести кабелей).

Однолинейные схемы электроснабжения департамента (по распределительным устройствам 6 кВ) прилагаются в Приложении Б.

Однолинейные схемы электроснабжения департамента:

цех ЦМП – 4 получает питание:

- а) отделение электропечей – от РУ - 6 кВ пс № 101, № 125, тп № 103 и № 88;
- б) отделение помола – от РУ - 6 кВ пс № 88, пс № 90, тп № 103;
- в) отделение газоочистки – от РУ - 6 кВ пс № 88, пс № 90, тп № 103.

Учет на подстанциях № 89, № 90 осуществляется на стороне 6 кВ ПС 88 и № 103 на стороне 6 кВ ПС «Брусит».

Таким образом в связи с тем что решено ставить систему АИИСКУЭ исключительно на линии 6 кВ учет ПС № 103, № 90 и № 89 идет только на стороне высокого напряжения.

Итого на участке ПС «Брусит» для АИИСКУЭ департамента необходимо 8 узлов учета.

Итого на участке ПС № 88, № 101, № 125 для АИИСКУЭ департамента необходимо 22 узла учета, в т.ч. ~7 – на резервных фидерах.

Итого для создания АИИСКУЭ департамента необходимо ввести в эксплуатацию 30 узлов учета (измерительных комплексов), в т.ч. ~7 – на резервных фидерах.

Важное значение при расчете АИИСКУЭ имеют токи короткого замыкания, т.к. все трансформаторы тока измерительных узлов будет необходимо проверить на устойчивость при коротком замыкании. Данные по токам короткого замыкания приведены в Приложении В.

Выводы:

В данном разделе рассмотрены схемы электроснабжения цеховых электрических сетей предприятия, их особенности, преимущества и недостатки. Описано электроснабжение предприятие, рассмотрено электроснабжение от трансформаторных подстанций, определено общее количество узлов учета, необходимых для АИИСКУЭ.

4 РАСЧЕТ ПОТРЕБЛЯЕМОЙ МОЩНОСТИ ЭЛЕКТРОПРИЁМНИКАМИ ПРЕДПРИЯТИЯ

4.1 Выбор оборудования АИИСКУЭ

Выбор оборудования АИИСКУЭ подразумевает проверку существующих измерительных узлов электроэнергии департамента, в первую очередь измерительных трансформаторов.

При этом уже имеющиеся измерительные трансформаторы тока необходимо проверить:

- по номинальному току. Имеющиеся трансформаторы тока на фидерах, питающих департамент установлены 10–15 лет назад и вполне возможно не соответствуют требованиям ПУЭ. Это обусловлено тем, что фактическая нагрузка предприятия могла измениться с момента установки существующих трансформаторов тока. Для данной проверки необходимо произвести расчет электрических нагрузок;

- по термической и электродинамической стойкости при токах короткого замыкания. С этой целью необходимо рассчитать токи короткого замыкания в местах установки трансформаторов тока;

- по допустимой вторичной нагрузке. Необходимо рассчитать вторичную нагрузку на всех трансформаторов тока. Этой целью были взяты карты уставок РЗиА на всех фидерах, питающих департамент – см. Приложение Б;

- по классу точности. Согласно требованиям, предъявляемым к АИИСКУЭ, класс точности измерительных трансформаторов тока не должен быть хуже класса 0.5.

При этом уже имеющиеся измерительные трансформаторы напряжения необходимо проверить:

- по номинальному напряжению;

- по допустимой мощности приборов (и реле), подключенных ко вторичной обмотке трансформаторов напряжения;

- по классу точности. Согласно требованиям, предъявляемым к АИИСКУЭ, класс точности измерительных трансформаторов напряжения не должен быть хуже класса 0.5.

4.2 Расчёт электрических нагрузок

Проверку существующего измерительных трансформаторов начинаем с определения расчётных электрических нагрузок на основании ведомости электроприёмников (см. таблицу 4.1).

Расчёт электрических нагрузок производим по методу упорядоченных диаграмм. В качестве примера рассмотрим расчет электрических нагрузок участка газоочистки ЦМП – 4, подключенных к фидерам пс № 90.

Расчётная силовая нагрузка группы приёмников P_{\max} кВт, определяется по средней мощности за максимально загруженную смену $P_{\text{см}}$, кВт и

коэффициенту максимума по активной нагрузке $K_{m(p)}$ [1]:

$$P_p = K_{m(p)} \times P_{см} \quad (4.1)$$

Средние активная и реактивная нагрузки за наиболее загруженную смену определяется по формулам:

$$P_{см} = K_{и} \times P_{н} \quad (4.2)$$

$$Q_{см} = P_{см} \times \text{tg}\varphi \quad (4.3)$$

где $K_{и}$ – коэффициент использования активной мощности группы ЭП [1];

$P_{н}$ – номинальная активная мощность группы ЭП, кВт;

$\text{tg}\varphi$ – коэффициент реактивной мощности группы ЭП, соответствующий средневзвешенному значению коэффициента мощности.

Произведем расчет для одного из электроприемников участка газоочистки отделения газоочистки ЦМП – 4 – дымосос № 10 по формулам (4.1) – (4.3):

$$P_{см} = 1 \times 160 = 160 \text{ кВт} \quad ,$$

$$Q_{см} = 160 \times 0,5 = 80 \text{ кВАр}$$

Аналогично находятся средние активные и реактивные нагрузки за наиболее загруженную смену и для прочих электроприемников прессового участка. Данные расчета сведены в таблицу 6.1.

Номинальная мощность приёмников, работающих в повторно – кратковременном режиме приводится к номинальной мощности длительного режима работы в соответствии с формулой:

$$P_{н} = P_{пасп} \times \sqrt{ПВ} \quad (4.4)$$

где $P_{пасп}$ – паспортная мощность, кВт;

$ПВ$ – паспортная продолжительность включения, в отн. ед.

Произведем расчет для одного из электроприемников участка газоочистки ЦМП – 4 – дымосос № 10 по формуле (4.4):

$$P_{н} = 160 \times \sqrt{1} = 160 \text{ кВт}$$

Аналогично определяются номинальные мощности электроприёмников, работающих в повторно – кратковременном режиме (шнек 1...6, дымосос 1...3 кран - балка и элеватор). Данные расчета сведены в таблицу 4.1.

Величина $K_{M(p)}$ определяется по кривым $K_{M(p)} = f(K_{и.с.в.}; N_э)$. Для этого определяется средневзвешенное значение коэффициента использования $K_{и.с.в.}$ по формуле:

$$K_{и.с.в.} = \frac{\sum P_{см}}{\sum P_H}, \quad (4.5)$$

где $\sum P_H$ – суммарная номинальная мощность группы ЭП, кВт.

$$K_{и.с.в.} = \frac{327}{520} = 0,63$$

Эффективное число группы ЭП $N_э$ определяется при условии $m \geq 3$, где m – показатель силовой сборки, значение которого определяется по формуле:

$$m = \frac{P_{H.max}}{P_{H.min}}, \quad (4.6)$$

где $P_{H.max}$ и $P_{H.min}$ – максимальное (дымосос) и минимальное значение (кран-балка) номинальных мощностей в группе ЭП, кВт.

$$m = \frac{P_{H.max}}{P_{H.min}} = \frac{160}{0,4} = 400,$$

Значение $N_э$ определяется по формуле:

$$N_э = \frac{(\sum P_H)^2}{\sum P_H}, \quad (4.7)$$

$$N_э = \frac{270192}{77001} = 4$$

Реактивная максимальная расчётная мощность группы ЭП находится по выражению

$$Q_{max} = K_{M(q)} \times Q_{см}, \quad (4.8)$$

где $K_{M(q)}$ – коэффициент максимума по реактивной нагрузке,
 $K_{M(q)} = 1,1$ при $N_э < 10$

$$Q_{max} = 1,1 \times 165 = 181 \text{ кВАр}$$

Расчётная силовая нагрузка группы приёмников P_{max} кВт, определяется по формуле (6.1):

$$P_p = 1,6 \times 327 = 524 \text{ кВт}$$

Полная расчётная мощность находится по выражению:

$$S_{\max} = \sqrt{P_{\max}^2 + Q_{\max}^2}, \text{ кВА.} \quad (4.9)$$

Полная расчётная мощность для отделения газоочистки (участка газоочистки) ЦМП – 4:

$$S_{\max} = \sqrt{181^2 + 524^2} = 554 \text{ кВА.}$$

Все результаты расчета электрических нагрузок сводится в таблицу 4.1.

Т.к. подобным образом определять нагрузки департамента не совсем целесообразно в связи с тем, что фактически производство уже работает и можно считать нагрузки устоявшимися. Включительно что данные более устаревшие, теряет всякий смысл. Включая то что предварительно решено ставить АИИСКУЭ только на стороне 6кВ. Поэтому мы определим расчетные нагрузки по следующему алгоритму:

– выбираем из ведомостей максимальные получасовые мощности (активные и реактивные) для всех фидеров департамента по результатам ежегодных зимних замеров для ОАО «Челябэнергосбыт» за 2015 г.

– определяем для каждого из фидеров департамента максимальное значение максимальные получасовые мощности (активные и реактивные) из трех годов;

– по формуле (4.9) определяем полную расчётную мощность.

Данные ежегодных зимних замеров для ОАО «Челябэнергосбыт» сведены в таблицу 4.2

Таблица 4.1 – Ведомость электроприемников отделения газоочистки

Наименование электроприемника	кол-во	Rном кВт	Робщ кВт	Ки	cosφ	tgφ	Pсм кВт	Qсм кВАр	пэ	Kм(р)	Kм(а)	Pр кВт	Qр кВАр	Sp кВАр
Кран-балка	1	0,4	0,4	0,002	0,60	1,33	0,001	0,001						
Кран-балка	1	0,4	0,4	0,002	0,60	1,33	0,001	0,001						
Шнек 1	1	6,5	6,5	0,208	0,74	0,92	1,352	1,244						
Шнек 2	1	4	4	0,208	0,74	0,91	0,832	0,757						
Шнек 3	1	5,5	5,5	0,208	0,89	0,5	1,144	0,572						
Шнек 4	1	3	3	0,208	0,82	0,7	0,624	0,437						
Шнек 5	1	3	3	0,208	0,82	0,7	0,624	0,437						
Шнек 6	1	5,5	5,5	0,208	0,89	0,5	1,144	0,572						
Элеватор	1	7,5	7,5	0,208	0,88	0,55	1,560	0,858						
Дымосос 1	1	160	160	1,000	0,89	0,5	160,000	80,000						
Дымосос 2	1	160	160	0,500	0,89	0,5	80,000	40,000						
Дымосос 3	1	160	160	0,500	0,89	0,5	80,000	40,000						
Кран-балка	1	2,8	2,8	0,002	0,86	0,6	0,006	0,003						
Кран-балка	1	0,6	0,6	0,002	0,83	0,66	0,001	0,001						
Кран-балка	1	0,6	0,6	0,002	0,83	0,66	0,001	0,001						
Итого	15		520	0,63			327	165	4	1,6	1,1	524	181	554

Таблица 4.2 – Данные из зимних ежегодных замеров по присоединениям департамента

Наименование присоединения департамента	Максимальная активная мощность, кВт	Максимальная реактивная мощность, кВАр	Полная расчётная мощность, кВА
Пс Брусит фид№ 6 (пс 125) ввод № 1	2946	2652	3964
Пс Брусит фид№ 14 (пс 88) ввод № 1	4615	2131	5084
Пс Брусит фид№ 23 (пс 101) ввод № 1	4460	2064	4915
Пс Брусит фид№ 26 (пс 125) ввод № 2	6642	2697	7169
Пс Брусит фид№ 30 (пс 103) ввод № 1	378	324	497
Пс Брусит фид№ 38 (пс 101) ввод № 2	3931	1464	4195
Пс Брусит фид№ 4 (пс 88) ввод № 2	7157	2916	7728
Пс Брусит фид№ 35 (пс 103) ввод № 2	338	280	439
Пс №88 фид№ 1 (Дымосос № 10)	275	133	306
Пс №88 фид№ 3 (Дымосос № 12)	0	0	0
Пс №88 фид№ 4 (Электропечь № 8)	4018	1205	4194
Пс № 88 фид№ 6 (пс 90) ввод № 1	333	191	384
Пс № 88 фид№ 7 (пс 89) ввод № 2	243	110	267
Пс № 88 фид№ 12 (пс 89) ввод № 1	429	242	492
Пс № 88 фид№ 16 (пс 90) ввод № 2	219	119	250
Пс № 88 фид№ 17 (Электропечь № 5)	0	0	0
Пс № 88 фид№ 18 (Электропечь № 10)	1668	500	1741
Пс № 88 фид№ 19 (Электропечь № 6)	3600	1080	3759

окончание таблицы 4.2

Пс № 88 фид№ 20 (Электропечь № 7)	497	149	519
Пс № 88 фид№ 22 (Дымосос № 11)	90	43	100
Пс № 101 фид№ 2 (резерв)	0	0	0
Пс № 101 фид№ 4 (резерв)	0	0	0
Пс № 101 фид№ 5 (Электропечь № 3)	4038	1211	4216
Пс № 101 фид№ 1 (ЗЖБИ)	336	134	361
Пс № 101 фид№ 7 (ООО «МТМ»)	378	139	403
Пс № 101 фид№ 12 (Электропечь № 1)	3928	1178	4101
Пс № 101 фид№ 17 (ЗЖБИ)	0	0	0
Пс № 125 фид№ 5 (Электропечь № 4)	1995	598	2083
Пс № 125 фид№ 4 (Электропечь № 2)	4003	1201	4179
Пс № 125 фид№ 6 (Электропечь № 9)	4118	1236	4300

По результатам расчетов из таблицы 6.1 видно что трансформаторы тока не удовлетворяют требованию ПУЭ (1.5.17) а следовательно некоторые трансформаторы тока придется заменять на другие с большим номинальным первичным током.

Вывод:

В четвертом разделе произведён расчёт электрических нагрузок по предприятию, который представлен в ведомости электрических нагрузок.

При этом было установлено, что трансформаторы тока придется менять на другие – с большими номинальными токами. не удовлетворяют требованиям ПУЭ, кроме того трансформаторы тока кратковременно имеют завышенный ток что может привести к поломке и выходу из строя оборудования, в том числе и к недоучету электроэнергии.

5. РАСЧЕТ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ

Для расчета токов короткого замыкания составляется схема питания потребителей департамента, в этой схеме указываются источник питания (питающая подстанция), кабельные линии, для подачи напряжения на подстанцию, а также кабели, питающие потребителей и расчетные точки короткого замыкания. По ней составляется эквивалентная схема замещения.

Т.к. в департаменте довольно много фидеров, а схемы электроснабжения однотипны, то приведем расчет токов короткого замыкания только для рассмотренного ранее участка газоочистки ЦМП – 4. Схема электроснабжения приведена на рисунке 5.1

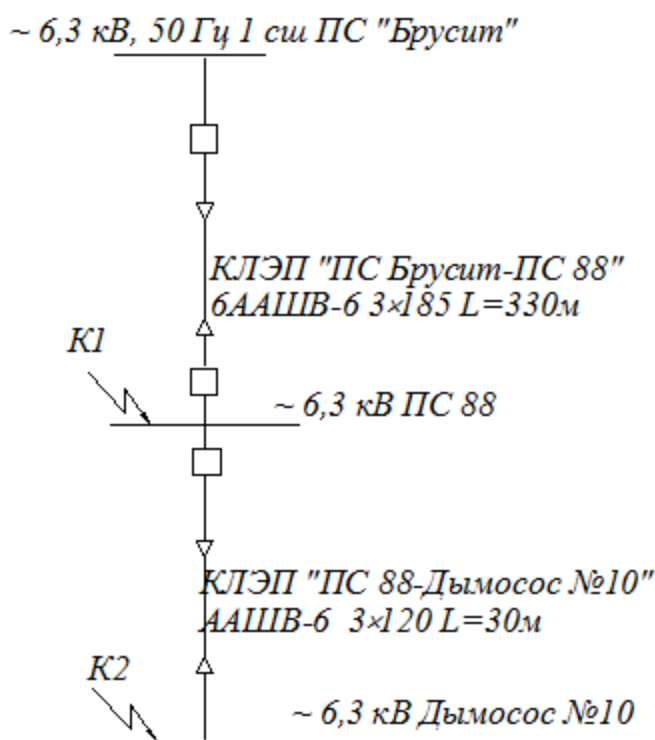


Рисунок 5.1– Схема электроснабжения участка газоочистки ЦМП – 4

Как следует из рисунка 5.1, у нас имеются две характерные точки короткого замыкания – К1 (на шинах пс № 88) для проверки вводных трансформаторов тока пс № 88 и К 2 (на стороне 6 кВ Дымосос № 10) для проверки трансформаторов тока на отходящих фидерах пс №88.

Определим параметры схемы замещения. Примем базисную мощность $S_B=100$ МВА, базисное напряжение $U_B=6,3$ кВ. Мощность короткого замыкания на 1 сш ПС «Брусит») согласно данным проектного института – 107 МВА (см. Приложение В)

Схемы замещения для расчета токов короткого замыкания приведена на рисунке 5.2.

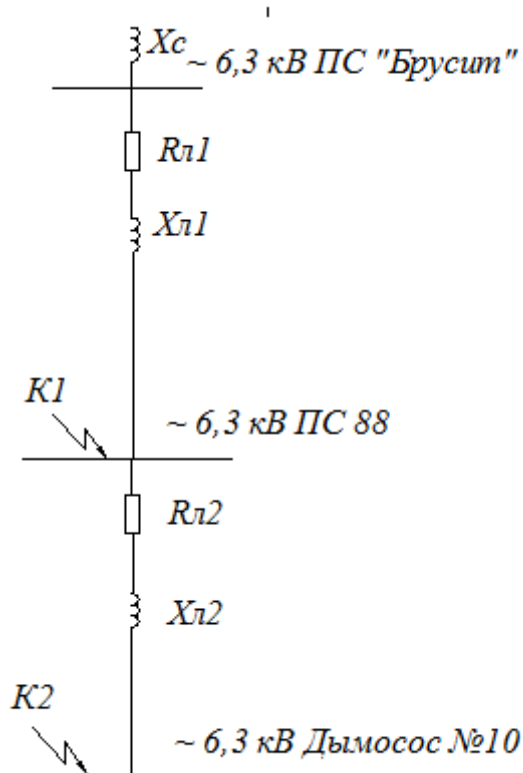


Рисунок 5.2– Схемы замещения для расчета токов короткого замыкания

Произведем расчет элементов схемы замещения в относительных единицах:
Спротивление системы в относительных единицах:

$$X_{*c} = \frac{S_{\text{баз}}}{S_0}, \quad (5.1)$$

$$X_{*c} = \frac{100}{107} = 0,94$$

Индуктивное сопротивление линии питания, $X_{*л}$, определяется по формуле:

$$X_{*л} = \frac{x_0 \cdot L \cdot S_{\text{баз}}}{U_{\text{баз}}^2}, \quad (5.2)$$

где: x_0 – индуктивное сопротивление 1км линии питания, для кабеля линии пс «Брусит» – пс № 88» $x_0=0,073$ ом/км; для кабеля линии «пс № 88 – Дымосос № 10» $x_0=0,076$ ом/км;

L –длина линии, км;

$U_{\text{баз}}$ – базисное напряжение, кВ.

Индуктивное сопротивление линии питания от ПС «Брусит» до пс № 88:

$$X_{*л1} = \frac{0,073 \cdot 0,33 \cdot 100}{6,3^2_{баз}} = 0,06;$$

Индуктивное сопротивление линии питания от пс № 88 до Дымосос № 10:

$$X_{*л2} = \frac{0,076 \cdot 0,03 \cdot 100}{6,3^2_{баз}} = 0,01;$$

Активное сопротивление линии питания, $R_{*л}$, определяется по формуле:

$$R_{*л} = \frac{R_0 \cdot L \cdot S_{баз}}{U^2_{баз}}, \quad (5.3)$$

где: R_0 – индуктивное сопротивление 1 км линии питания, для кабеля линии пс «Брусит»– пс № 88» $x_0=0,166$ ом/км; для кабеля линии «пс № 88– Дымосос № 10» $x_0=0,253$ ом/км;

L –длина линии, км;

$U_{баз}$ – базисное напряжение, кВ.

Активное сопротивление линии питания от ПС «Брусит» до пс № 88:

$$R_{*л1} = \frac{0,166 \cdot 0,33 \cdot 100}{6,3^2_{баз}} = 0,14;$$

Активное сопротивление линии питания от пс № 88 до Дымосос № 10:

$$R_{*л2} = \frac{0,253 \cdot 0,03 \cdot 100}{6,3^2_{баз}} = 0,02.$$

Суммарные активное и индуктивное сопротивления для расчетных точек короткого замыкания К1 и К2, определяются по формулам:

$$\Sigma X_{*э1} = X_{*с} + X_{*л1}, \quad (5.4)$$

$$\Sigma X_{*э1} = 0,94 + 0,06 = 1,00$$

$$\Sigma R_{*э1} = R_{*л1} \quad (5.5)$$

$$\Sigma R_{*э1} = 0,14$$

$$\Sigma X_{*э2} = X_{*с} + X_{*л1} + X_{*л2} \quad (5.6)$$

$$\Sigma X_{*э2} = 0,94 + 0,06 + 0,01 = 1,0$$

$$\Sigma R_{*э2} = R_{*л1} + R_{*л2} \quad (5.7)$$

$$\Sigma R_{*2} = 0,14 + 0,2 = 0,16$$

Параметры схемы замещения приведены на рисунке 5.3:

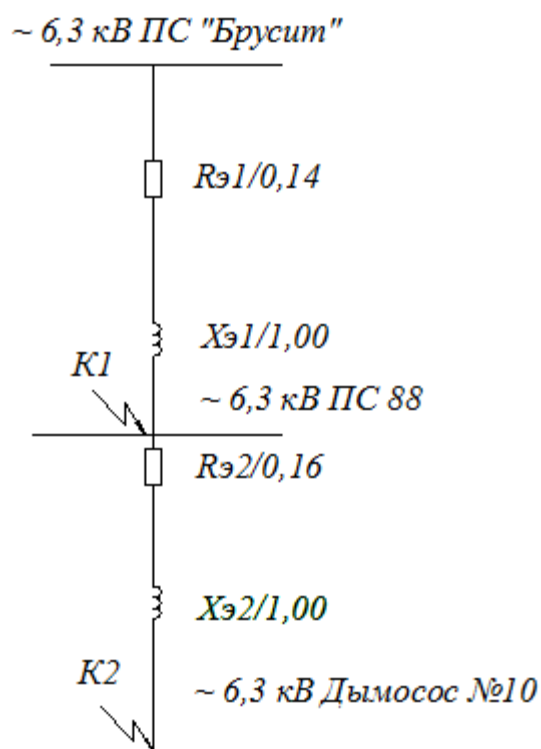


Рисунок 5.3– Упрощенная схема замещения

Полное сопротивление до точек короткого замыкания Z_* определяется по формуле:

$$Z_* = \sqrt{\Sigma X_*^2 + \Sigma R_*^2} \quad (5.8)$$

Полное сопротивление до точки короткого замыкания K_1 :

$$Z_{*1} = \sqrt{0,14^2 + 1,00^2} = 1,01,$$

Полное сопротивление до точки короткого замыкания K_2 :

$$Z_{*2} = \sqrt{0,16^2 + 1,00^2} = 1,02,$$

Определим ток короткого замыкания в точке K_1 (периодическая составляющая $I_{пт}$ принимается неизменной в течение всего процесса замыкания) по формуле:

$$I_{no} = I_{Пт} = \frac{S_{баз}}{\sqrt{3} \times U_{баз} \times Z_*}, \quad (5.9)$$

Для точки короткого замыкания К1:

$$I_{но1} = I_{Пт1} = \frac{100 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 6,3 \times 1,01} = 9,09 \text{ кА};$$

Для точки короткого замыкания К2:

$$I_{но} = I_{Пт1} = \frac{100 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 6,3 \times 1,02} = 9,01 \text{ кА};$$

Ударный ток короткого замыкания определится по формуле:

$$i_y = K_y \times \sqrt{2} \times I_{но} \quad (5.10)$$

где K_y – ударный коэффициент, для точки короткого замыкания К1 $K_y=1,5$; для точки короткого замыкания К2 $K_y=1,2$ [2].

Тогда по формуле (7.10) в точке короткого замыкания К1:

$$I_y = 1,5 \times \sqrt{2} \times 9,09 = 19,28 \text{ кА};$$

Тогда по формуле (7.10) в точке короткого замыкания К1:

$$I_y = 1,2 \times \sqrt{2} \times 9,01 = 15,30 \text{ кА}.$$

Мощность короткого замыкания в точке короткого замыкания определяется по формуле:

$$S_{кз} = \sqrt{3} \times U_{баз} \times I_{но}, \quad (5.11)$$

Мощность короткого замыкания в точке короткого замыкания К1:

$$S_{кз} = \sqrt{3} \times 6,3 \times 9,09 = 99,19 \text{ МВА};$$

Мощность короткого замыкания в точке короткого замыкания К1:

$$S_{кз} = \sqrt{3} \times 6,3 \times 9,01 = 98,36 \text{ МВА}.$$

Результаты расчетов по всем точкам КЗ представлены в таблице 5.1. Включительно приведены расчеты в таблице для 107 МВА и 114 МВА, схожих электроприемников и кабелей.

Таблица 5.1 – Результаты расчета токов короткого замыкания для сети 6 кВ I, IV секций шин Мощность короткого замыкания 107 МВА, департамента

Расчётная точка	Токи, кА			Мощность к.з. ступени СЭС, МВА
	$I_{по}$	$I_{пт}$	$I_{уд}$	
6,3 кВ К1	9,09	9,09	19,28	99,19
6,3 кВ К2	9,01	9,01	15,30	98,36

Таблица 5.2 – Результаты расчета токов короткого замыкания для сети 6 кВ II, III секций шин Мощность короткого замыкания 114 МВА, департамента

Расчётная точка	Токи, кА			Мощность к.з. ступени СЭС, МВА
	$I_{по}$	$I_{пт}$	$I_{уд}$	
6,3 кВ К1	9,67	9,67	20,51	106
6,3 кВ К2	9,58	9,58	16,26	104

Вывод: В седьмом разделе составлена схема электроснабжения расчётная и замещения, произведён расчет токов короткого замыкания, результаты расчётов сведены в таблицы.

6 ВЫБОР ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

6.1 Выбор высоковольтных трансформаторов тока

Трансформатор тока предназначен для уменьшения первичного тока до значений, наиболее удобных для измерительных приборов и реле, а также для отделения цепей измерения и защиты от первичных цепей высокого напряжения. Трансформаторы тока выбираются по вторичной нагрузке, по току, по напряжению установки, по конструкции и классу точности и проверяются по электродинамической и термической стойкости.

В настоящем исследовании задача выбора трансформаторов тока сводится к простой проверке уже существующих трансформаторов тока на присоединениях предприятия, входящих в состав АИИСКУЭ. Поэтому начнем проверку трансформаторов тока на их соответствие с требованиями пункта 1.5.17 ПУЭ относительно нагрузки (при максимальной нагрузке присоединения ток во вторичной обмотке трансформатора тока не может быть не менее 40 %).

Расчет производим для утяжеленного режима – т.е. когда один из фидеров питающий двухтрансформаторную подстанцию отключен:

$$I_{\text{утяж}} = \frac{S_{\text{р.п.}}}{U_{\text{н}} \cdot \sqrt{3}}, \quad (6.1)$$

где: $S_{\text{рп}}$ – полная расчетная мощность из таблицы 4.2;

$U_{\text{ном}}$ – номинальное напряжение, кВ.

В качестве примера приведем расчет для Электродечи № 8:

$$I_{\text{утяж}} = \frac{4231}{6 \cdot \sqrt{3}} = 407 \text{ A}$$

Фактически на данном присоединении стоит трансформатор тока типа ТПЛМ – 10 400/5, т.е. данный трансформатор не проходит как по условию работы в утяжеленном режиме, так и по условию выполнения требования п. 1.5.17 ПУЭ.

Для остальных трансформаторов тока расчет $I_{\text{утяж}}$ проведен аналогично, данные расчета и проверки сведены в таблицу 6.1.

Как видно из таблицы 6.1 на всех фидерах предприятия, входящих в состав разрабатываемой АИИСКУЭ фактическая нагрузка не соответствует как минимально допустимой согласно требования ПУЭ (п. 1.5.17), так и току утяжеленного режима. Т.е. все существующие трансформаторы предварительно не прошли первый этап проверки, в связи с этим в таблице 6.2 представлены выбранные трансформаторы тока удовлетворяющие требования выше.

Таблица 6.1 – Сравнение установленных трансформаторов тока с требованиями ПУЭ

Наименование департамента	присоединения	Фактический трансформатор тока	$I_{\text{ном тт, А}}$	$I_{\text{утяж, А}}$
Пс Брусит фид№ 6 (пс 125) ввод № 1		ТПОЛ – 10	1500	381
Пс Брусит фид№ 14 (пс 88) ввод № 1		ТПОЛ – 10	1500	489
Пс Брусит фид№ 23 (пс 101) ввод № 1		ТПОЛ – 10	1500	473
Пс Брусит фид№ 26 (пс 125) ввод № 2		ТПОЛ – 10	1500	690
Пс Брусит фид№ 30 (пс 103) ввод № 1		ТОЛ – 10	150	48
Пс Брусит фид№ 38 (пс 101) ввод № 2		ТПОЛ – 10	1500	407
Пс Брусит фид№ 4 (пс 88) ввод № 2		ТПОЛ – 10	1500	744
Пс Брусит фид№ 35 (пс 103) ввод № 2		ТОЛ – 10	150	42
Пс №88 фид№ 1 (Дымосос № 10)		ТПЛ – 10	150	30
Пс №88 фид№ 3 (Дымосос № 12)		ТПЛ – 10	150	0
Пс №88 фид№ 4 (Электропечь № 8)		ТПЛМ – 10	400	407
Пс №88 фид№ 6 (пс 90) ввод № 1		ТПЛ – 10	150	41
Пс №88 фид№ 7 (пс 89) ввод № 2		ТПЛ – 10	150	30
Пс №88 фид№ 12 (пс 89) ввод № 1		ТПЛ – 10	150	53
Пс №88 фид№ 16 (пс 90) ввод № 2		ТПЛМ – 10	150	27
Пс №88 фид№ 17 (Электропечь № 5)		ТПЛ – 10	400	0
Пс №88 фид№ 18 (Электропечь № 10)		ТПЛМ – 10	150	168
Пс №88 фид№ 19 (Электропечь № 6)		ТПЛ – 10	400	364
Пс №88 фид№ 20 (Электропечь № 7)		ТПЛ – 10	400	51
Пс №88 фид№ 22 (Дымосос № 11)		ТПЛ – 10	150	10
Пс № 101 фид№ 2 (резерв)		-	-	0
Пс № 101 фид№ 4 (резерв)		-	-	0
Пс № 101 фид№ 5 (Электропечь № 3)		ТПЛ – 10	400	407
Пс № 101 фид№ 1 (ЗЖБИ)		ТПЛ – 10	150	38
Пс № 101 фид№ 7 (ООО «МТМ»)		ТПЛ – 10	150	41
Пс № 101 фид№ 12 (Электропечь № 1)		ТПЛ – 10	400	395
Пс № 101 фид№ 17 (ЗЖБИ)		ТПЛ – 10	150	0
Пс № 125 фид№ 5 (Электропечь № 4)		ТПЛ – 10	400	200
Пс № 125 фид№ 4 (Электропечь № 2)		ТПЛ – 10	400	404
Пс № 125 фид№ 6 (Электропечь № 9)		ТПЛ – 10	400	415

В связи с этим решено заменить часть трансформаторов тока, в особенности трансформаторы тока электропечей, все данные предоставить в таблице 6.2. Итого необходимо заменить трансформаторы тока, по условиям ПУЭ (п. 1.5.17). Заменены на трансформаторах тока ТОЛ – 10 производства ОАО «Свердловский завод трансформаторов тока».

Таблица 6.2 – Замена трансформаторов тока

Наименование департамента	присоединения	Замененный трансформато р тока	$I_{\text{ном тт, А}}$	$I_{\text{утяж, А}}$
Пс Брусит фид№ 6 (пс 125) ввод № 1		ТОЛ – 10	1500	381
Пс Брусит фид№ 14 (пс 88) ввод № 1		ТОЛ – 10	1500	489
Пс Брусит фид№ 23 (пс 101) ввод № 1		ТОЛ – 10	1500	473
Пс Брусит фид№ 26 (пс 125) ввод № 2		ТОЛ – 10	1500	690
Пс Брусит фид№ 30 (пс 103) ввод № 1		ТОЛ – 10	150	48
Пс Брусит фид№ 38 (пс 101) ввод № 2		ТОЛ – 10	1500	407
Пс Брусит фид№ 4 (пс 88) ввод № 2		ТОЛ – 10	1500	744
Пс Брусит фид№ 35 (пс 103) ввод № 2		ТОЛ – 10	150	42
Пс № 88 фид№ 1 (Дымосос № 10)		ТОЛ – 10	150	30
Пс № 88 фид№ 3 (Дымосос № 12)		ТОЛ – 10	150	0
Пс № 88 фид№ 4 (Электропечь № 8)		ТОЛ – 10	450	407
Пс № 88 фид№ 6 (пс 90) ввод № 1		ТОЛ – 10	150	41
Пс № 88 фид№ 7 (пс 89) ввод № 2		ТОЛ – 10	150	30
Пс № 88 фид№ 12 (пс 89) ввод № 1		ТОЛ – 10	150	53
Пс № 88 фид№ 16 (пс 90) ввод № 2		ТОЛ – 10	150	27
Пс № 88 фид№ 17 (Электропечь № 5)		ТОЛ – 10	450	0
Пс № 88 фид№ 18 (Электропечь № 10)		ТОЛ – 10	200	168
Пс № 88 фид№ 19 (Электропечь № 6)		ТОЛ – 10	450	364
Пс № 88 фид№ 20 (Электропечь № 7)		ТОЛ – 10	450	51
Пс № 88 фид№ 22 (Дымосос № 11)		ТОЛ – 10	150	10
Пс № 101 фид№ 2 (резерв)		-	-	0
Пс № 101 фид№ 4 (резерв)		-	-	0
Пс № 101 фид№ 5 (Электропечь № 3)		ТОЛ – 10	450	407
Пс № 101 фид№ 1 (ЗЖБИ)		ТОЛ – 10	150	38
Пс № 101 фид№ 7 (ООО «МТМ»)		ТОЛ – 10	150	41
Пс № 101 фид№ 12 (Электропечь № 1)		ТОЛ – 10	450	395
Пс № 101 фид№ 17 (ЗЖБИ)		ТОЛ – 10	150	0
Пс № 125 фид№ 5 (Электропечь № 4)		ТОЛ – 10	400	200
Пс № 125 фид№ 4 (Электропечь № 2)		ТОЛ – 10	450	404
Пс № 125 фид№ 6 (Электропечь № 9)		ТОЛ – 10	450	415

Произведем проверку установленных и замененных трансформаторов тока на термическую и электродинамическую стойкость при коротком замыкании. В качестве примера приведем расчет для рассмотренного ранее Электропечь № 8:

Тепловой импульс тока КЗ определяется по формуле:

$$B_K = I_{K3}^2 \cdot (t_{отк} + T_A) \quad (6.2)$$

$$B_K = 9,8^2 \cdot (0,58 + 0,12) = 67 \text{ кА}^2 \cdot \text{с},$$

где $T_A = 1,2$ с согласно [11];

$$t_{отк} = t_{рз} + t_{об}, \quad (6.3)$$

где $t_{рз}$ – выдержка времени срабатывания релейной защиты равен 0,5 с;

$t_{об}$ – полное время отключения элегазового выключателя, равное 0,08 с.

$$t_{отк} = 0,5 + 0,08 = 0,58 \text{ с},$$

Расчет вторичной нагрузки для трансформаторов тока согласно схемы подключения электроизмерительных приборов, приведенной на рисунке 6.1 представлен в таблице 6.3.

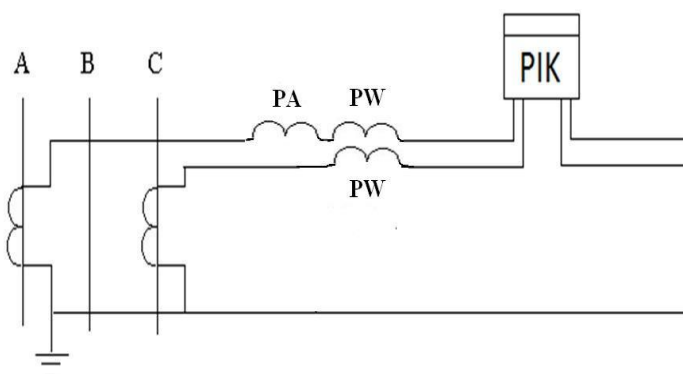


Рисунок 6.1 – Схема подключения электроизмерительных приборов к трансформаторам тока

Таблица 6.3– Расчет вторичной нагрузки для трансформаторов тока

Наименование прибора	Тип	Потребляемая мощность, ВА
Амперметр	Э - 378	4
Ваттметр	Д - 335	2
Счетчик	Альфа 1800	2
Итого:		8

Выбор трансформатора тока по сопротивлению тока нагрузки вторичной обмотки:

$$Z_{2ном} \geq Z_2 \quad (6.4)$$

где Z_2 – сопротивление тока нагрузки во вторичной обмотки трансформатора;

$Z_{2\text{ном}}$ – номинально допустимое сопротивление тока нагрузки трансформатора тока ТОЛ – 10 в выбранном классе точности 0,5, равно 0,8 Ом [7]; Так как индуктивное сопротивление токовых цепей невелико, то:

$$Z_2 = r_{\text{приб}} + r_{\text{пр}} + r_k, \quad (6.5)$$

где $r_{\text{приб}}$ – сопротивление приборов, Ом

$$r_{\text{приб}} = \frac{S_{\text{приб}}}{I_2^2}, \quad (6.6)$$

$$r_{\text{приб}} = \frac{8}{5^2} = 0,32 \text{ Ом}$$

где $S_{\text{приб}}$ – мощность потребляемая приборами;

$r_{\text{пр}}$ – сопротивление проводов

$$r_{\text{пр}} = \rho_{\text{ал}} \cdot L, \quad (6.7)$$

где $\rho_{\text{ал}}$ – удельное сопротивление алюминия, равно 0,028 Ом/м

L – длина соединительных проводов в ячейке РУ (КРУ), $L=16$ м

$$r_{\text{пр}} = 0,028 \cdot 16 = 0,49$$

где r_k – сопротивление контактов, равно 0,1 Ом, при числе контактов более трех.

$$Z_2 = 0,32 + 0,49 + 0,1 = 0,868 \text{ Ом}$$

Окончательная проверка существующих трансформаторов тока приведена в таблице 6.4

Таблица 6.4 – Проверка существующих трансформаторов тока на стороне 6 кВ

Условия выбора	Расчетные параметры сети	Каталожные данные ТОЛ-10
$U_{\text{ном}} \geq U_{\text{уст}}$	$U_{\text{уст}} = 6 \text{ кВ}$	$U_{\text{ном}} = 10 \text{ кВ}$ $I_{\text{терм}}^2 \cdot t_T = 40^2 \cdot 3 = 4800$
$I_{\text{ном}} \geq I_{\text{утяж}}$	$I_{\text{утяж}} = 415 \text{ А}$	$I_{\text{ном}} = 450 \text{ А}$
$i_{\text{дин}} \geq i_{\text{уд}}$	$I_{\text{уд}} = 15,30 \text{ кА}$	$I_{\text{дин}} = 102 \text{ кА}$
$I_{\text{тер}}^2 \cdot t_{\text{тер}} \geq B_k$	$B_k = 67,6 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{\text{терм}}^2 \cdot t_T = 40^2 \cdot 3 = 4800 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$
$Z_{2\text{ном}} \geq Z_2$	$Z_2 = 0,868$	$Z_{2\text{ном}} = 1,02$

Как следует из таблицы 6.4, существующих трансформаторы тока соответствуют всем критериям проверки и следовательно мы их оставляем

Для остальных фидеров на стороне 6 кВ расчет проводится аналогично.

6.2 Проверка измерительных трансформаторов напряжения

Трансформатор напряжения предназначен для понижения высокого напряжения до стандартной величины и для отделения цепей измерения и релейной защиты от первичных цепей высокого напряжения. Трансформатор напряжения устанавливается один на каждую секцию сборных шин. Во вторичную обмотку трансформатора напряжения включаются катушки напряжения измерительных приборов всех присоединений данной секции и сборных шин.

Трансформаторы напряжения выбираются по напряжению установки, по конструкции, по классу точности, по вторичной нагрузке.

При выборе трансформаторов напряжения по вторичной нагрузке должно выполняться условие:

$$S_{нагр} \leq S_{2ном}, \quad (6.8)$$

где: $S_{нагр}$ – мощность всех измерительных приборов и реле, присоединенных к трансформатору напряжения, ВА;

$S_{2ном}$ – номинальная мощность вторичной обмотки трансформатора напряжения в заданном классе точности, ВА.

Используя данные [8], составляем таблицу подключения приборов, чтобы определить мощность приборов, включаемых во вторичную обмотку существующего трансформатора напряжения НТМИ-6-66У3. В качестве примера приведем расчет для участка электропечей ЦМП-4, ПС88. Для проверки трансформатора напряжения по 6 кВ выбираем II секцию, т.к. на ней находится 8 счетчиков (включая резерв):

Таблица 6.5 – Вторичная нагрузка трансформаторов напряжения 6 кВ

Прибор	Тип	Число приборов	S прибора, ВА	S суммарная, ВА
Вольтметр	Э – 335	1	2	2
Счетчик	Альфа 1800	8	2	16
Ваттметр	Д - 335	1	2	2
Итого				20

Согласно [10]; номинальная мощность вторичной обмотки трансформатора напряжения типа НТМИ-6-66У3 в классе точности 0,5 $S_{2ном}=50$ ВА. Таким образом, условие (6.8) выполняется, следовательно, трансформаторы напряжения будут работать в классе точности 0,5.

Вывод:

В разделе была осуществлена проверка существующих трансформаторов тока и трансформаторов напряжения. По результатам проверки было решено

заменить 9 трансформаторов тока, трансформаторы напряжения в замене не
нуждаются.

7 АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УЧЕТА

7.1 Выбор АИИСКУЭ

Для полноты выполняемых функций автоматизированных систем необходимо решить комплекс следующих основных задач:

1) произвести выбор оптимальной структуры АИИСКУЭ с точки зрения полноты выполняемых функций, стоимости, производительности, проектной оценки функциональной надёжности, точности и метрологической надёжности системы;

2) осуществить выбор электронных счётчиков в ходе системной интеграции автоматизированных систем и базовых микропроцессорных устройств, в достаточной степени совмещающих функции учёта, телемеханики, релейной защиты и автоматики;

3) определение технико-экономической целесообразности совмещения автоматизированной системы коммерческого учёта электроэнергии с системой технического учёта электроэнергии, целесообразность совместного использования базовых микропроцессорных устройств разными службами для организации коммерческого учёта, решение технических задач телемеханизации и перевода аналоговых релейных защит на цифровые;

4) произвести выбор способа создания программного обеспечения верхнего уровня АИИСКУЭ как системы реального времени, с учётом стоимости комплектуемых исполнительных программных модулей.

В структуре АИИСКУЭ можно выделить четыре уровня:

1) первичные измерительные приборы (ПИП) с телеметрическими или цифровыми выходами, осуществляющие непрерывно или с минимальным интервалом усреднения измерение параметров потребления электроэнергии ;

2) устройства сбора и подготовки данных (УСПД), специализированные измерительные системы или многофункциональные программируемые преобразователи со встроенным программным обеспечением энергоучёта, осуществляющие в заданном цикле интервала усреднения круглосуточный сбор измерительных данных с территориально распределённых ПИП, накопление, обработку и передачу этих данных на верхние уровни;

3) сервер центра сбора и обработки данных со специализированным программным обеспечением АИИСКУЭ, осуществляющий сбор информации с ПК и/или группы серверов центров сбора и обработки данных третьего уровня, дополнительное агрегирование и структурирование информации по группам объектов учёта, документирование и отображение данных учёта в виде, удобном для анализа и принятия решений персоналом службы главного энергетика и руководством территориально распределённых средних и крупных предприятий или энергосистем, ведение договоров на поставку энергоресурсов и формирование платёжных документов для расчётов за энергоресурсы.

4) персональный компьютер (ПК) автоматизированного рабочего места данных со специализированным программным обеспечением АИИСКУЭ, осуществляющий сбор информации с УСПД (или группы УСПД), итоговую обработку этой информации как по точкам учёта, так и по их группам – по подразделениям и объектам предприятия, документирование и отображение данных учёта в виде, удобном для анализа и принятия решений (управления) оперативным персоналом службы главного энергетика и руководством предприятия;

Все уровни АИИСКУЭ связаны между собой каналами связи. Для связи уровней ПИП и УСПД или центров сбора данных, как правило, используется прямое соединение по стандартным интерфейсам (типа RS – 485, типа RS – 232 т.п.). УСПД с центрами сбора данных 3 - го уровня, центры сбора данных 3-го и 4-го уровней могут быть соединены по выделенным, коммутируемым каналам связи или по локальной сети.

На рисунке 7.1 представлена типовая структурная схема АИИСКУЭ.



Рисунок 7.1– Типовая структурная схема АИИСКУЭ

Структурная схема АИИСКУЭ предприятия представлена на листе 4 графической части.

В качестве связи уровней ПИП и УСПД в АИИСКУЭ будем использовать интерфейс RS – 485. Охарактеризуем вкратце его ниже:

Интерфейс RS – 485 – стандарт последовательной передачи данных,

использующий симметричную двухпроводную линию связи для двунаправленного обмена данными. Система связи на основе интерфейса RS–485 работает в полудуплексном режиме, прием и передача данных производятся по одной витой паре проводов (в качестве витой пары будем использовать кабель типа МКЭШ 3×0,5– см. лист 5 графической части).

Длина линии связи между конверторами у интерфейса RS – 485 – до 1,2 км при сопротивлении жил до 190 Ом/км и емкости до 0.1 мкФ/км при скорости обмена 2400 бит/с. Максимальное количество абонентов сети – 32. Т.к. максимальное количество счетчиков, приходящееся на одно УСПД 16 единиц (пс № 88) – см. лист 5 графической части, то данный тип интерфейса нас полностью устроит.

Каналы связи между УСПД и сервером будут выполнены оптическим кабелем типа ОКК - 0,22 – 4П. Кабели прокладываются по существующим конструкциям, в кабельных каналах, по эстакадам, на тросах. В качестве примера на листе 6 графической части показана прокладка оптического кабеля от подстанции № 88 до ближайшего узла волоконно – оптической корпоративной связи «Группы Магнезит».

В качестве АИИСКУЭ для предприятия выбираем Эльстер Метроника. Система учёта предназначена для автоматизации процессов коммерческого учёта электроэнергии и других энергоресурсов в бытовом и мелкомоторном секторе энергопотребления, а также на объектах промышленности и энергетики.

На данном предприятии одно из основных требований к разрабатываемой системе является обеспечение подхода открытых систем, который в настоящее время является основной тенденцией в области информационных технологий и средств вычислительной техники. Логичным результатом такого подхода является рассмотрение счётчика как элемента системы, а не просто датчика, способного выполнять все функции АИИСКУЭ в данной точке. Модульный подход Эльстер Метроника позволяет одновременно применять различные системы связи (Ethernet, GSM - GPRS, RS - 232, RS - 485, PLC - 0,4 кВ, ZigBee). Система учёта предусматривает интеграцию счётчиков и технических средств АИИСКУЭ разных производителей. Её разработка была выполнена с учётом требований документов НП «АТС» и правил розничного рынка электроэнергии, Преимущества АИИСКУЭ Эльстер Метроника перед другими системами:

- сопоставимая стоимость технических средств с возможностью оптимизации по затратам за счёт поэтапного наращивания функций;
- автоматизированный процесс «управления контрактами»;
- отдельная тарификация для каждого абонента;
- контроль над мощностью потребления;
- дополнительные абонентские сервисы;
- одна из самых низких стоимостей сервисного обслуживания и технической поддержки (даже по сравнению с отечественными АИИСКУЭ, например производства концерна «Энергомера»).

- получение полномасштабной информации о потреблении и потерях энергоресурсов (через контроль баланса отпуска и потребления), качестве энергоснабжения энергосбытовыми организациями;
- предоставление абоненту полной информации по потреблению электроэнергии.

Принципиальные отличия системы:

- модульная структура точки учета, позволяющая в зависимости от ситуации варьировать тип связи, набор функций и т.д., причем возможна модернизация после внедрения;
- широкий спектр базовых интерфейсов УСПД 320 серии, позволяющий без дополнительных затрат выбирать тип интерфейсов, а также реализовать резервирование каналов связи;
- поддержка большой номенклатуры счётчиков (как производства «Эльстер Метроника, так и других производителей);
- универсальная модель тарификатора, позволяющая одновременно вести учёт энергоресурса как по временным зонам, так и по значениям мощности;
- универсальная модель хранения данных об энергопотреблении, позволяющая в зависимости от необходимости отдельно для каждой точки учета настроить свою схему учёта.

В качестве электросчетчиков АИИСКУЭ выбираем счётчики трехфазные Альфа А1800 классов точности 0,5S трансформаторного включения. Они предназначены для измерения и учёта активной энергии в трехпроводных сетях переменного тока номинальной частоты 50Гц внутри закрытых помещений при температуре от -40 °С до +60 °С. Счётчики могут быть использованы в автоматизированных информационно – измерительных системах контроля и коммерческого учёта энергопотребления АИИСКУЭ. Степень защиты счетчика от проникновения воды и пыли IP51 по ГОСТ 14254-96. Счётчик имеет счётный механизм с жидкокристаллическим индикатором, защищенном от электромагнитных воздействий. ЖКИ индицирует последовательно текущее время, дату, тариф и накопленную энергию.

Для перепрограммирования многотарифных счетчиков с интерфейсом «токовый» RS - 485, подключение к компьютеру через USB – порт осуществляется с помощью кабеля.

Технические характеристики электросчётчика Альфа А1800 представлены в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Технические характеристики электросчётчика Альфа А1800

Наименование характеристики	Значение
Тип отчетного устройства	ЖКИ
Измерительный элемент	Трансформатор
Тип интерфейса	Импульсный выход телеметрии, «токовый» RS - 485, RS - 232.

окончание таблицы 7.1

Класс точности	0.5
Напряжение, В	3 × 100
Ток номинальный, А	5
Ток максимальный, А	10
Количество тарифных зон	до 4
Рабочий диапазон температур, град.	От -40 до +65
Срок службы, лет	30
Межповерочный интервал, лет	12
Срок гарантии, лет	2
Частота сети, Гц	50
Порог чувствительности: -номинальный ток 5А -номинальный ток 10А	- 0,001 Iном - 0,002 Iном
Цена одного разряда счетного механизма:	8 разрядов
Передаточные числа	от 100 до 40000
Полная активная мощность, потребляемая цепью тока, не более В×А	2,5
Полная мощность, потребляемая цепью напряжения, не более В×А	2
Габаритные размеры, мм	307 × 170 × 89
Масса счетчика, не более, кг	2,0

На листе 7 графической части представлены габаритные размеры, внешний вид, обозначение контактов и схема подключения выбранного электросчетчика

Для измерительного комплекса учёта электроэнергии необходимо провести оценку метрологической надёжности системы. Данный измерительный комплекс учёта электроэнергии состоит из трансформатора тока, трансформатора напряжения и счётчика. Предел допустимой погрешности δ , такого комплекса определяются по формуле:

$$\delta = \pm 1,1 \sqrt{\delta_I^2 + \delta_U^2 + \delta_{Л}^2 + \delta_{\theta}^2 + \delta_C^2}, \quad (7.1)$$

где 1,1 – коэффициент, учитывающий особенности метрологической проверки приборов с помощью эталонных устройств, имеющих свои погрешности, и другие причины;

δ_I, δ_U , – относительные погрешности трансформатора тока и напряжения;

$\delta_{Л}$ – потеря напряжения во вторичной цепи ТН;

δ_{θ} – относительная погрешность выделения из измеренного значения полного тока его активной составляющей, обусловленная угловыми погрешностями трансформатора тока и напряжения;

δ_C – относительная погрешность счётчика.

Для трансформаторов тока и напряжения определяются не фактические, а допустимые погрешности. Относительная погрешность ТТ пропорциональна зависимости токовых погрешностей от коэффициента загрузки и классу точности. Коэффициент загрузки ТТ, $k_{3I}=0,6$, а зависимость токовых погрешностей от коэффициента загрузки равна $\pm (0,8125 - 0,3125 k_{3I})$. Относительная погрешность ТН равна произведению класса точности на $\pm 0,5$. Определяем относительные погрешности трансформатора тока и напряжения:

$$\delta_I = \pm (0,8125 - 0,3125 \cdot 0,6) \cdot 0,5 = \pm 0,3125 \%;$$

$$\delta_U = \pm 0,5 \cdot 1 = \pm 0,5 \%;$$

Для определения угловой погрешности ТТ, $\delta\theta_I$, мин, и ТН, $\delta\theta_U$, мин, относительную погрешность умножаем на 60 для ТТ и на 40 для ТН:

$$\delta\theta_I = \delta_I \cdot 60 = \pm 0,3125 \cdot 60 = \pm 18,75 \text{ мин}; \quad (7.2)$$

$$\delta\theta_U = \delta_U \cdot 40 = \pm 0,5 \cdot 40 = \pm 20 \text{ мин}; \quad (7.3)$$

Среднее значение допустимых потерь напряжения вторичной цепи ТН следует принять как систематическую погрешность (в сторону недоучёта энергии), а $\pm 0,5$ допустимых потерь – в виде случайной погрешности, симметричной относительно среднего значения. Погрешность, обусловленная потерей напряжения во вторичной цепи ТН находится как произведение случайной погрешности и половины класса точности ТН:

$$\delta_{\text{л}} = \pm 0,5 \cdot \frac{1}{2} = \pm 0,25 \%;$$

Относительную погрешность выделения из измеренного значения полного тока его активной составляющей $\delta\theta$, обусловленную угловыми погрешностями трансформатора тока и напряжения определяют по формуле:

$$\delta_\theta = \pm 0,018 \sqrt{\delta\theta_I^2 + \delta\theta_U^2}; \quad (7.4)$$

$$\delta_\theta = \pm 0,018 \sqrt{18,75^2 + 20^2} = \pm 0,4935 \%$$

В связи с тем, что счётчик учёта электроэнергии электронного типа, относительная погрешность счётчика $\delta_C = \pm 0,5\%$. Предел допустимой погрешности δ , составит:

$$\delta = \pm 1,1 \sqrt{0,3125^2 + 0,5^2 + 0,25^2 + 0,4935^2 + 0,5^2} = \pm 1 \%$$

Предел допустимой погрешности установленного комплекса учёта электроэнергии находится составляет $\pm 1 \%$ и находится в допустимых пределах.

Для устройства сбора и подготовки данных используется УСПД производства Эльстер Метроники типа RTU - 320. Он поддерживает до 32 точек учёта энергоносителей, в том числе системные счётчики других производителей: Меркурий - 230, Меркурий-200, Меркурий - 202, ПСЧ - 3ТА, СЭБ - 2А и концентратор Меркурий - 225; осуществляет преобразование интерфейсов с сервером (RS - 232, RS - 485) в интерфейсы с точками учета (RS-232). Перечисленные интерфейсы реализованы по модульному принципу.

Электропитание УСПД должно осуществляться от однофазной сети номинальным напряжением 220В (от 100 до 264 В) частотой 50 Гц с защитным заземлением или от аккумуляторной сети постоянного тока номинальным напряжением 220 В (от 100 до 375 В).

УСПД выполнено на базе современных электронных плат для встраиваемых приложений от ведущих мировых производителей, обеспечивающих высочайшую надёжность изделия. Электронные устройства размещены в корпусе, обеспечивающем надёжную эксплуатацию изделия в жёстких условиях промышленных площадок. Конструкция изделия обеспечивает нормальные условия функционирования электронных плат без необходимости принудительной вентиляции.

Конструкция УСПД обеспечивает защиту измерительной информации и параметров программирования от несанкционированного чтения или изменения с помощью системы пломб.

В таблице 7.2 представлены основные характеристики RTU - 320.

Таблица 7.2 – Основные характеристики RTU - 320

Наименование характеристики	Значение
Число подключаемых счетчиков	до 32
Вариант крепления	DIN - рейка
Интерфейс с верхним уровнем	PLC - 0,4 кВ
Интерфейс со счетчиками	RS - 232/ RS - 485/«токовая петля»

Для реализации интерфейсов RS - 485 в УСПД к портам RS - 232 подключаются соответствующие гальваноизолированные конверторы (преобразователи интерфейсов RS 232/RS 485) типа MOXA IMS - 21- S - SC

Для управления счётчиками в данной АИИСКУЭ необходимо использовать программное обеспечение «Альфа – центр».

На рисунке 7.2. представлены скрины ПО «Альфа – центр», которое используется во всех компаниях «Группы Магnezит».

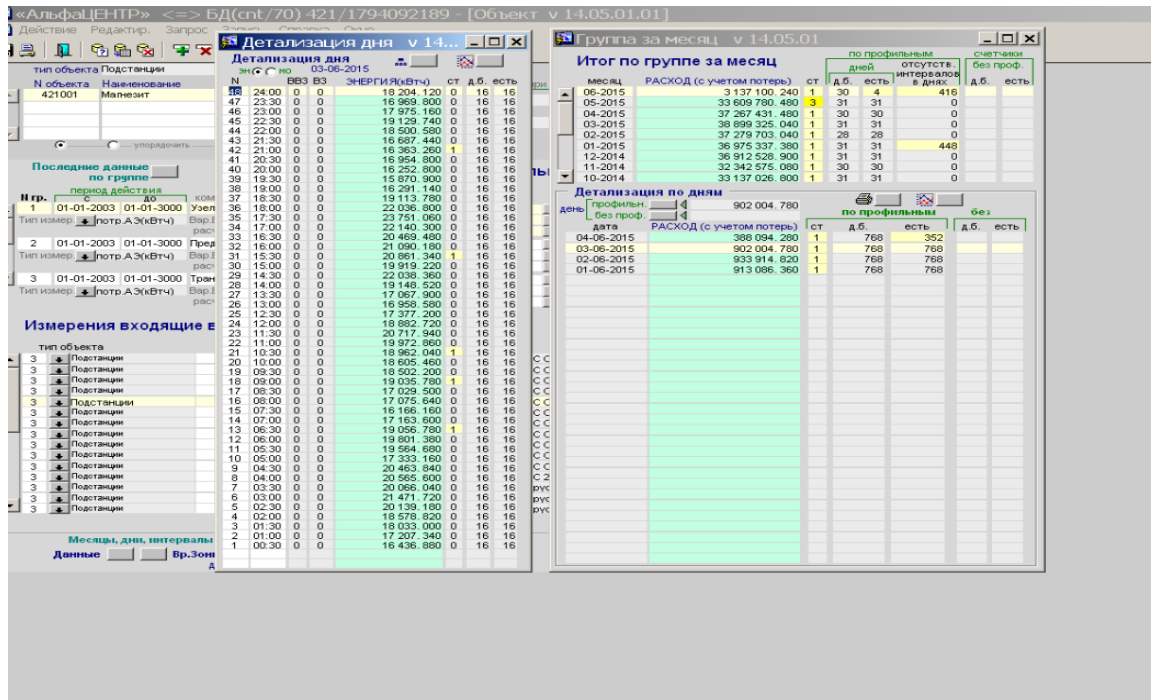


Рисунок 7.2 – Графическое отображение ПО «Альфа центр», применяемого в ООО «Группа Магнезит»

Программное обеспечение «Альфа цент» предназначено для работы со всеми счётчиками производства Эльстер Метроника и АББ. Программа имеет два уровня доступа: «0» уровень позволяет только частичное чтение параметров счётчика; «1» уровень дает возможность чтения и корректировки параметров, определяющих режим работы счётчика.

Программа позволяет:

- связаться со счётчиком;
- просмотреть установленные параметры счётчика;
- откорректировать время и дату;
- изменить установленные параметры счётчика.

Персональный компьютер (ПК) АИISKУЭ должен удовлетворять следующим минимальным требованиям:

- процессор (CPU) – Intel Pentium 100 МГц;
- оперативная память (ROM) – 32 Мбайт RAM;
- место на винчестере (HDD) – 6 Мбайт;
- операционная система – XP, 2003;

Для конфигурации систем «Альфа Центр» необходимо:

- описать парк счётчиков;
- задать календарь (каждый день должен принадлежать к определенному типу дней);
- составить тарифные сетки;
- сформировать точки и группы учета;
- создать таблицу портов УСПД.

Передача данных об электропотреблении осуществляется оборудованием

связи по выделенной линии ВОЛС с каждого объекта (подстанции) в централизованный пункт сбора информации.

Выбранное оборудование для АИИСКУЭ предприятия сведено в таблицу 7.3.

Таблица 7.3 – Оборудование для АИИСКУЭ

Выбранное оборудование	Марка
Трансформатор тока	ТОЛ - 10/У3
Трансформатор напряжения	НТМИ - 6/66 - УХЛЗ
Счётчик	Альфа 1800
УСПД	RTU 320
Программное обеспечение	«АльфаЦентр» версии 7.1.
Конвертор	МОХА IMS-21-S-SC
Шлюз передачи данных по оптической линии	ADAM - 4571
Шкаф для размещения оборудования АИИСКУЭ	Conceptline 600×600×320

В работе предусмотрены меры грозозащиты и защиты от импульсных помех проектируемых линий связи интерфейса RS - 485, для чего на обоих концах линии связи устанавливаются модули грозозащиты в виде специальных клемм фирмы «Wago» типа 281- 604.

Модули грозозащиты монтируются в корпусах шкафов, которые имеют возможность пломбирования. Шкафы закрепляются на объектах и подсоединяются к существующему контуру заземления. Чертеж общего вида шкафа с оборудованием АИИСКУЭ приведен на листе 8 графической части.

Вывод:

Для побуждения к увеличению производительности труда, энергоэффективности и ресурсосбережению разработана система автоматизированного коммерческого учёта, которая осуществляет контроль за электропотреблением каждого субъекта производственного процесса.

8 ОРГАНИЗАЦИОННО – ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

8.1 Расчёт единовременных затрат

Произведем расчёт общей суммы единовременных затрат Z_k , руб. на автоматизацию учёта электроэнергии для подстанции: №88, №101, №125, «Брусит» включительно:

$$Z_k = C_{об} + C_m + C_{нпр}, \quad (8.1)$$

где $C_{об}$ – стоимость устанавливаемого оборудования, руб.;

C_m – стоимость монтажа и установки оборудования, руб.;

$C_{нпр}$ – стоимость пусконаладочных работ руб.

Для начала необходимо подсчитать стоимость выбранного оборудования.

Список цен на необходимое оборудование представлен в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Стоимость затрат на оборудование в разрабатываемом варианте

Наименование	Количество	Цена за единицу, руб.	Стоимость, руб.
Трансформатор напряжения НТМИ-6-66	10	25 000	250 000
Трансформатор тока ТОЛ - 10	67	15 000	1 005 000
Счетчик А1800	43	13 000	559 000
УСПД RTU-320	4		1 007 360
Стоимость ПО (позиция АС_РЕ 2) для дополнительного рабочего места ПО «АльфаЦентр»	3	19 900	59 700
Кабель МКЭШ 3×0,5	1 200 м	23,5	42 300
Навесной шкаф для оборудования АИИСКУЭ Conceptline 600×600×320 с конвертором, шлюзом передачи данных, клеммниками и обогревателями	4	6 3000	252 000
Итого:			2 925 360

Стоимость оборудования $C_{об}$, руб., определяется по формуле:

$$C_{об} = C_1 + C_2, \quad (8.2)$$

где C_1 – стоимость основного оборудования, руб.;

C_2 – стоимость неучтенного оборудования, руб.

Принимаем C_2 , руб., в размере 20 % от стоимости основного оборудования C_1 , руб.:

$$C_2 = C_1 \cdot 0,2 = 2\,925\,360 \cdot 0,2 = 585\,072 \text{ руб.}$$

$$C_{об} = 2\,925\,360 + 585\,072 = 3\,510\,432 \text{ руб.}$$

Стоимость монтажа и установки оборудования C_m , руб., составляет 10 % от стоимости оборудования $C_{об}$, руб.:

$$C_m = C_{об} \cdot K_1, \quad (8.3)$$

где K_1 – коэффициент, принимается в размере 10% от $C_{об}$, руб.

$$C_m = 3\,510\,432 \cdot 0,1 = 351\,043 \text{ руб.}$$

Стоимость пусконаладочных работ $C_{нпр}$, руб. составляет 5-10 % от стоимости оборудования $C_{об}$, руб. и согласовывается с заказчиком. На определение коэффициента стоимости ПНР K_2 влияют следующие факторы:

- сложность степени ПНР конкретного оборудования;
- география местоположения заказчика (удаленность и стоимость проезда);
- количество и стоимость оборудования.

Исходя из всех данных, принимаем $K_2=5\%$.

Стоимость пусконаладочных работ $C_{нпр}$, руб.:

$$C_{нпр} = C_{об} \cdot K_2, \quad (8.4)$$

$$C_{нпр} = 3\,510\,432 \cdot 0,05 = 175\,521 \text{ руб.}$$

$$Z_k = 3\,510\,432 + 351\,043 + 175\,521 = 4\,036\,996 \text{ руб.}$$

Таблица 8.2 – Единовременные затраты

Наименование расходов	Сумма, руб.
Стоимость основного оборудования, C_1	2 925 360
Стоимость неучтенного оборудования, C_2	585 072
Стоимость монтажа и установки оборудования, C_m	351 043
Стоимость пусконаладочных работ, $C_{нпр}$	175 521
Итого затрат	4 036 996

Стоимость демонтируемого оборудования равна стоимости демонтажа.

Таким образом, единовременные затраты в разрабатываемом варианте составляют 4 036 996 руб.

8.2 Расчет текущих затрат для разрабатываемого варианта

Величину текущих затрат на функционирование оборудования определяем по следующим статьям. Для обеспечения работы нет необходимости вводить новую штатную единицу. Стоимость эксплуатационных расходов $Z^н_{эп}$, руб.:

$$Z^н_{эп} = Z_{от} + P_{сн} + C_э + C_a + C_p; \quad (8.5)$$

где Z_{om} – затраты на оплату труда, руб.;

$P_{сн}$ – расходы на социальные нужды, руб.;

$C_э$ – затраты на электроэнергию, руб.;

C_a – амортизационные расходы, руб.;

C_p – затраты на ремонт оборудования, руб.

Затраты на оплату труда электромонтерам 6-го разряда Z_{om} , руб. (с учётом основной и дополнительной заработной платы):

$$Z_{om} = T_6 \cdot T_m \cdot K_c \cdot K_n \cdot K_y \cdot T_2 \cdot n, \quad (8.6)$$

где T_6 – тариф рабочего 6-го разряда, руб., $T_6 = 92,1$;

T_m – месячный фонд рабочего времени, час, $T_m = 165$;

K_c – коэффициент, учитывающий дополнительную зарплату, $K_c = 1,1$;

K_n – коэффициент, учитывающий премию, $K_n = 1,25$;

K_y – районный коэффициент, $K_y = 1,15$;

T_2 – число месяцев в году, $T_2 = 12$;

n – количество электромонтеров, $n = 2$.

$$Z_{om} = 92,1 \cdot 165 \cdot 1,1 \cdot 1,25 \cdot 1,15 \cdot 12 \cdot 2 = 576\,707 \text{ руб.}$$

Затраты на оплату труда слесарю КИПиА 6-го разряда Z_{om} , руб. (с учётом основной и дополнительной заработной платы):

где T_6 – тариф рабочего 6-го разряда, руб., $T_6 = 98,1$;

T_m – месячный фонд рабочего времени, час, $T_m = 165$;

K_c – коэффициент, учитывающий дополнительную зарплату, $K_c = 1,1$;

K_n – коэффициент, учитывающий премию, $K_n = 1,25$;

K_y – районный коэффициент, $K_y = 1,15$;

T_2 – число месяцев в году, $T_2 = 12$;

n – количество электромонтеров, $n = 1$.

$$Z_{om} = 98,1 \cdot 165 \cdot 1,1 \cdot 1,25 \cdot 1,15 \cdot 12 \cdot 1 = 307\,139 \text{ руб.}$$

Общая сумма страховых платежей $P_{сн}$, руб., в государственные внебюджетные фонды в 2015 году составляет 30 процентов от начисленной суммы оплаты труда.

Общая сумма страховых платежей $P_{сн}$, руб.:

$$P_{сн} = Z_{om} \cdot 0,3, \quad (8.7)$$

где Z_{om} – затраты на оплату труда, руб.

$$P_{сн} = 576\,707 \cdot 0,3 + 307\,139 \cdot 0,3 = 265\,154 \text{ руб.}$$

Необходимо подсчитать расход электроэнергии, потребляемой предприятием.

Затраты на электроэнергию C_3 , руб.:

$$C_3 = N_3 \cdot C_n, \quad (8.8)$$

где N_3 – среднегодовое электропотребление (усредненное за последние 3 года), кВт×ч, $N_3 = 16\,222\,969$;

C_n – стоимость 1 кВт/часа электроэнергии, руб, $C_n = 2,69$.

$$C_3 = 16\,222\,969 \cdot 2,69 = 43\,639\,788 \text{ руб.}$$

Амортизационные отчисления определяются по установленным нормам на стоимость устанавливаемого оборудования и неучтенного оборудования:

$$C_a = C_1 \cdot K_5 + C_2 \cdot K_6, \quad (8.9)$$

где K_5 – коэффициент амортизационных отчислений на устанавливаемое оборудование, $K_5 = 12\%$ от стоимости устанавливаемого оборудования C_1 , руб.;

K_6 – коэффициент амортизационных отчислений на неучтенное оборудование, $K_6 = 12,5\%$ от стоимости неучтенного оборудования C_2 , руб.;

$$C_a = 2\,925\,360 \cdot 0,12 + 585\,072 \cdot 0,125 = 424\,177 \text{ руб.}$$

Затраты на текущий ремонт технических средств C_p , руб.:

$$C_p = C_{об} \cdot K_7, \quad (8.10)$$

где K_7 – коэффициент определяющий затраты на ремонт, $K_7 = 5\%$;

$$C_p = 3\,510\,432 \cdot 0,05 = 175\,521 \text{ руб.}$$

$$\begin{aligned} Z_{эп}^n &= 576\,707 + 307\,139 + 265\,154 + 43\,639\,788 + 424\,177 + 175\,521 = \\ &= 45\,379\,486 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Таблица 8.3 – Эксплуатационные расходы для разрабатываемого варианта

Наименование статей затрат	Сумма, руб.
Материальные затраты	43 630 788
Затраты на оплату труда	883 846
Отчисления в социальные фонды	265 154
Амортизация	424 177
Затраты на текущий ремонт и обслуживание технических средств	175 521
Итого затрат	45 379 486

8.3 Расчет текущих затрат для базового варианта

Согласно формулы (8.5) для базового варианта произойдут изменения (по сравнению с проектируемым вариантом) следующих затрат:

– затраты на оплату труда будут меньше (т.к. у нас в проектируемом варианте появился новый персонал, слесарь КИПиА), а в базовом варианте остается только электромонтер 6 разряда. Тогда согласно формулы (8.6):

$$Z_{om} = 92,1 \cdot 165 \cdot 1,1 \cdot 1,25 \cdot 1,15 \cdot 12 \cdot 2 = 576\,707 \text{ руб.};$$

– расходы на социальные нужды, согласно формулы (8.7):

$$P_{cn} = 576\,707 \cdot 0,3 = 173\,012 \text{ руб.};$$

Затраты на электроэнергию в базовом варианте будут больше, т.к. переход на новый тариф при наличии АИИСКУЭ позволит осуществлять платежи с помощью интегрального учета (ночная/ полупиковая/пиковая зона). Это позволит снизить существующий тариф (в базовом варианте не менее, чем на 20 коп. за кВт×ч), тогда стоимость электроэнергии будет определяться по существующему тарифу 2,89 руб/ кВт×ч:

$$C_э = N_э \cdot C_n + Ш, \quad (8.11)$$

где $N_э$ – среднегодовое электропотребление (усредненное за последние 3 года), кВт×ч, $N_э = 16\,222\,969$;

C_n – стоимость 1 кВт/часа электроэнергии по существующему тарифу, руб., $C_n = 2,89$;

$$C_э = 16\,222\,969 \cdot 2,89 = 46\,884\,382 \text{ руб.};$$

Стоимость затрат на оборудование в базовом варианте приведена в таблице 8.4.

Таблица 8.4 – Стоимость затрат на оборудование в базовом варианте

Наименование	Колич-ество	Цена за единицу, руб.	Стоимость, руб.
Трансформатор напряжения НТМИ-6-66	10	25 000	250 000
Трансформатор тока ТОЛ-10	67	15 000	1 005 000
Счетчик СЭТ	43	2 600	111 800
Итого:			1 366 800

По формулам (8.2) определим стоимость оборудования для базового варианта:

$$C_2 = C_1 \cdot 0,2 = 1\,366\,800 \cdot 0,2 = 273\,360 \text{ руб.}$$

$$C_{об} = 1\,366\,800 + 273\,360 = 1\,640\,160 \text{ руб.}$$

Стоимость монтажа и установки оборудования и стоимость пусконаладочных работ для базового варианта по формулам (8.3) и (8.4) определять не будем, т.к. все оборудование, приведенное в таблице 8.4 уже смонтировано и не требует наладке, т.е.:

$$C_m = 0 \text{ руб.};$$

$$C_{нпр} = 0 \text{ руб.}$$

Подразумевается, что в базовом варианте остается только все существующее оборудование (включая неучтенное), которое имеет отношение непосредственно к измерению электроэнергии.

$$Z_k = 1\,640\,160 + 0 + 0 = 1\,640\,160 \text{ руб.}$$

Результаты расчёта общей суммы единовременных затрат базового варианта приведены в таблице 8.5.

Таблица 8.5 – Единовременные затраты в базовом варианте

Наименование расходов	Сумма, руб.
Стоимость основного оборудования, C_1	1 366 800
Стоимость неучтенного оборудования, C_2	273 360
Стоимость монтажа и установки оборудования, C_m	0
Стоимость пусконаладочных работ, $C_{нпр}$	0
Итого затрат	1 640 160

Таким образом единовременные затраты в базовом варианте составляют 1 640 160 руб.

Амортизационные отчисления для базового варианта определяются по формуле (8.9):

$$C_a = 1\,366\,800 \cdot 0,12 + 273\,360 \cdot 0,125 = 198\,186 \text{ руб.}$$

Затраты на текущий ремонт технических средств для базового варианта определяются по формуле (8.10):

$$C_p = 1\,640\,160 \cdot 0,05 = 82\,008 \text{ руб.}$$

Тогда стоимость эксплуатационных расходов для базового варианта согласно формулы (8.5) составит:

$$Z_{\text{эп}}^{\text{б}} = 576\,707 + 173\,012 + 46\,884\,382 + 198\,186 + 82\,008 = 47\,914\,295 \text{ руб.}$$

Эксплуатационные расходы для базового варианта приведены в таблице 8.6.

Таблица 8.6 – Эксплуатационные расходы для базового варианта

Наименование статей затрат	Сумма, руб.
Затраты на электроэнергию	46 884 382
Затраты на оплату труда	576 707
Отчисления в социальные фонды	173 012
Амортизация	198 186
затраты на текущий ремонт	82 008
Итого затрат	47 914 295

8.4 Экономический эффект от автоматизации системы учёта электрической энергии

Экономический эффект \mathcal{E} , руб., от внедрения автоматизации системы учёта электрической энергии определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_Г = \Delta Z_{\text{эп}} - \Delta K \cdot E_n \quad (8.12)$$

где E – коэффициент экономической эффективности, принимаем $E=0,15$;

$$\Delta Z_{\text{эп}} = Z_{\text{эп}}^{\text{б}} - Z_{\text{эп}}^{\text{н}} \quad (8.12)$$

$$\Delta Z_{\text{эп}} = 47\,914\,295 - 45\,379\,486 = 2\,534\,809 \text{ руб.}$$

$$\mathcal{E}_Г = 2\,534\,809 - 4\,036\,996 \cdot 0,15 = 1\,929\,259 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости $T_{ок}$, лет, от внедрения проекта определяется,

$$T_{ок} = 3к / ЭГ. \quad (8.13)$$

$$T_{ок} = 4\,036\,996 / 1\,929\,259 = 2,1 \text{ года.}$$

Таблица 8.7 – Сводные данные экономического расчёта автоматизации учёта электрической энергии

Показатели	Базисный вариант	Проектный вариант	Отклонение (+,-)
Единовременные вложения, руб.	1 640 160	4 036 996	+2 396 836
Стоимость эксплуатационных расходов, руб.	47 914 295	45 379 486	-2 534 809
Экономический эффект внедрения проектного варианта, руб.	1 929 259		
Срок окупаемости проекта, года	2,1		

Вывод:

Департамент по производству плавленного периклаза, является самым мощным потребителем электроэнергии по Саткинской производственной площадке ООО «Группы Магнезит». Переход существующего учета электроэнергии предприятия на АИИСКУЭ в рамках реструктуризации, позволит применить более дешевый тариф с учетом возможности оплаты электроэнергии дифференцировано. По расчетам это позволит снизить стоимость одного кВт×ч электрической энергии не менее чем на 20 копеек.

В итоге, при проведении расчётов было определено, что срок окупаемости проекта составляет 2,1 года, при единовременных вложениях в проект 4 036 996 руб.

9 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

9.1 Анализ производственных и экологических опасностей

Предприятие расположено на территории ООО «Группа Магнезит» в городе Сатка. Город, а следовательно и департамент находится в зоне Южного Урала на берегах реки Сатка.

Город расположен в наиболее высокой части области, в пределах которой рельеф является главным фактором формирования основных свойств климата. Во все сезоны года в Сатке преобладают ветры западных направлений, нередко северные ветры. Зима в данной местности достаточно сурова, лето относительно прохладное, короткое и влажное. Летом же выпадает максимальное количество осадков. По климатическим условиям район относится к переходной умеренно–холодной зоне. В целом климат Сатки относится к резко–континентальному типу.

До внедрения автоматизировано автоматизированной информационно – измерительной системы контроля и коммерческого учета электроэнергии; Так как дежурному персоналу необходимо обойти все шесть подстанций, которые расположены в разных частях предприятия, во время обхода он подвергается физическим, химическим вредным и опасным факторам всего цеха.

К подгруппе механических факторов относится:

- перемещение грузов и движение электромостовых кранов, передаточных тележек железнодорожного транспорта;
- возможность разрыва абразивных кругов зачистных, отрезных, наждачных станков;
- наличие сосудов, работающих под давлением (пнеumo- и гидросистемы оборудования, системы отопления и водоснабжения, газовое оборудование, непосредственно разрабатываемое оборудование которое имеет баллон со сжатым гелием 15 000 кПа, со ступенчатым понижением давления до 400 кПа, 30 кПа, 10 кПа, и разряженная среда $1 \cdot 10^{-3}$ мм.рт.ст.);
- наличие автоматизированного и простого оборудования с движущимися частями;
- возможность падения деталей с высоты.

К подгруппе бароакустических факторов относится высокий уровень шумов и вибрации от работы станков, агрегатов, транспорта, электромостовых кранов и пневматического оборудования.

К подгруппе электромагнитных факторов относится наличие электромагнитного излучения от работающего электрооборудования, высоковольтных линий и трансформаторов, которое наносит вред окружающей среде и организму человека.

К подгруппе радиационных опасных факторов в ПД относится наличие высокой температуры (до 700 °С) на печах, которая появляется при работе обслуживающего оборудования. Также высокую температуру (200 °С) имеют готовый порошок.

К химическим вредным и опасным факторам относится:

– загазованность и запыленность в цехе в результате движения транспорта, утечка газов из печей;

– наличие взрывоопасных, горючих, легковоспламеняющихся и химически активных веществ (природного газа в печах, масла трансформаторного в электроустановках, смазочно-охлаждающие жидкости в различных машинах, горюче-смазочные материалы для транспорта и машин цеха на складе).

К психофизиологическим факторам относится:

– нервно-психические перегрузки – умственное перенапряжение, переутомление, перенапряжение анализаторов слуха и зрения, монотонность труда, а также эмоциональные нагрузки.

Опасные и вредные производственные факторы после внедрения автоматизированной информационно – измерительной системы контроля и коммерческого учета электроэнергии. В результате внедрения автоматизированной информационно измерительной системы контроля и коммерческого учета электроэнергии в обязанности дежурного персонала не будет входить обход трансформаторных подстанций с ручным снятием показаний электрической энергии. вследствие чего персонал не подвергается физическим, химическим вредным и опасным факторам. Так как система автоматизированной информационно – измерительной системы контроля и коммерческого учета электроэнергии оснащена центром обработки информации – современными компьютерами, то дежурному персоналу необходимо обработать полученную информацию по расходу электрической энергии, следовательно оператор – технолог подвергается воздействию электромагнитных полей, работа на персональном компьютере приводит к утомлению глаз, а при длительном воздействии, может привести к снижению остроты зрения. Длительная работа приводит к общему утомлению оператора.

9.2 Выбор нормативных значений факторов рабочей среды и трудового процесса

Рабочее место для выполнения работ в положении сидя должно соответствовать требованиям и требованиям технической эстетики. Нормативные значения эргономических параметров рабочего места оператора – (плавильщика) технолога электропечи приведены в таблице 9.1

Параметр считается соответствующим требованиям, если его значение отклоняется от нормативного не более чем на ± 10 мм (по линейному параметру

и на 1° (по угловому параметру).

В помещениях, где работают инженерно-технические работники, уровень шума не должен превышать 60 дБА.

Температура окружающей среды должна быть на уровне 22-25 °С, влажность в пределах 30 - 60 и скорость движения воздуха не более 0,2 м/сек.

Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего

документа должна быть 300 - 500 лк, причем яркость документа на рабочем месте должна быть не менее 85 лд/м².

Таблица 9.1 – Нормативные значения эргономических параметров рабочего места оператора–технолога

Наименование параметра	База отсчета	Нормативное значение
рабочий стол (рабочая поверхность)		
высота, мм	полы	680-800 при регулировке, 725 без регулировки.
ширина, мм	край стола	800-1400
глубина, мм	передний край стола	600-800
рабочий стул		
высота поверхности сиденья, мм	полы	450
угол наклона поверхности сиденья, град	горизонтальная плоскость	5
ширина сиденья, мм	край сиденья	400
глубина сиденья, мм	передний край сиденья	>400
высота спинки стула, мм	поверхность сиденья	350
радиус кривизны спинки стула, мм	середина спинки, горизонтальная плоскость	>400
угол наклона спинки стула, град.	поверхность сиденья, вертикальная плоскость	25°

Яркость светящихся поверхностей (окна, светильники и др.), находящихся в поле зрения, должна быть не более 200 лд/м², яркость бликов на экране ПК не должна превышать 40 лд/м² и яркость потолка при применении системы отраженного освещения не должна превышать 200 лд/м².

9.3 Охрана труда

Организационные и правовые вопросы охраны труда на предприятии.

Производственный департамент организует работу и контроль за выполнением мероприятий по охране труда. Ответственность за соблюдение охраны труда несёт непосредственный руководитель предприятия. Контроль за соблюдением правил охраны труда и выполнением соответствующих мероприятий осуществляет главный инженер и инженер по технике безопасности.

На предприятии проводится анализ произошедших несчастных случаев. По результатам анализа намечаются пути их предупреждения.

Основные пути предупреждения несчастных случаев на предприятии:

- автоматизация и комплексная механизация производственных процессов;
- рационализация технологических процессов, модернизация оборудования и инструментов;
- применение дистанционного управления;
- применение дополнительных ограждающих и предохранительных устройств;
- применение усовершенствованных средств защиты;
- устранение или уменьшение воздействия шума, вибраций, электромагнитного излучения;
- улучшение освещения и метеоусловий на рабочих местах;
- разумное сочетание режимов труда и отдыха.

В процессе труда работоспособность, а соответственно, и функциональное состояние организма подвергаются изменениям. Поддержание работоспособности на оптимальном уровне – основная цель рационального режима труда и отдыха.

Режим труда и отдыха – это устанавливаемые для каждого вида работ порядок чередования периодов работы и отдыха и их продолжительность. Рациональный режим – такое соотношение и содержание периодов работы и отдыха, при которых высокая производительность труда сочетается с высокой и устойчивой работоспособностью человека без признаков чрезмерного утомления в течение длительного времени. Установление общественно необходимой продолжительности рабочего времени и распределение его по календарным периодам на предприятии достигаются при разработке правил, в которых предусматривается порядок чередования и продолжительность периода работы и отдыха. Этот порядок называется режимом труда и отдыха.

Один из основных вопросов установления рациональных режимов труда и отдыха – это выявление принципов их разработки. Таких принципов три:

- удовлетворение потребности производства;
- обеспечение наибольшей работоспособности человека;
- сочетание общественных и личных интересов.

Таким образом, при выборе оптимального режима труда и отдыха нужен комплексный социально-экономический подход. Целью подобного подхода является полная и всесторонняя оценка его оптимизации с точки зрения учета личных и общественных интересов, интересов производства и физиологических возможностей человека. В связи с этим следует отметить, что научно обоснованным режимом труда и отдыха на предприятиях является такой режим, который наилучшим образом обеспечивает одновременное сочетание повышения работоспособности и производительности труда, сохранение здоровья трудящихся, создания благоприятных условий для всестороннего развития человека.

Комплекс мероприятий по предупреждению опасности поражения электрическим током

Организационными мероприятиями, обеспечивающими безопасность пусконаладочных и ремонтных работ в электроустановках являются:

- оформление работ нарядом, распоряжением или перечнем работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации;
- допуск к работе;
- надзор во время работы;
- оформление перерыва в работе, перевода на другое место, окончания работы.

Ответственными за безопасное ведение работ являются:

- выдающий наряд, отдающий распоряжение, утверждающий перечень работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации;
- ответственный руководитель работ;
- допускающий;
- производитель работ;
- наблюдающий;
- член бригады.

При подготовке рабочего места со снятием напряжения выполняются в указанном порядке следующие технические мероприятия:

- произведены необходимые отключения и приняты меры, препятствующие подаче напряжения на место работы вследствие ошибочного или самопроизвольного включения коммутационных аппаратов;
- на приводах ручного и ключах дистанционного управления коммутационных аппаратов должны быть вывешены запрещающие плакаты;
- проверено отсутствие напряжения на токоведущих частях, которые должны быть заземлены для защиты людей от поражения электрическим током;
- наложено заземление;
- вывешены указательные плакаты "Заземлено", ограждены при необходимости рабочие места и оставшиеся под напряжением токоведущие части, вывешены предупреждающие и предписывающие плакаты.

Для обеспечения защиты людей от поражения электрическим током при прикосновении к металлическим нетоковедущим частям, которые могут оказаться под напряжением в результате повреждения изоляции, выполняется заземление.

Согласно ПУЭ выполнение заземлительных устройств должно быть с соблюдением требований, предъявляемых к сопротивлению заземления, которое не должно превышать 0,5 Ом. Заземляющее устройство, используемое для заземления электроустановок одного или разных назначений и напряжений, должно удовлетворять всем требованиям, предъявляемым к заземлению этих электроустановок: защиты людей от поражения электрическим током при повреждении изоляции, условиям режимов работы

сетей, защиты электрооборудования от перенапряжения и т.д. в течение всего периода эксплуатации.

В данном проекте в связи с наличием 3х отделений, включительно несколько зданий, взята газоочистка №1 как основная, расчет будет вестись именно для нее.

Сопротивление заземляющего устройства при использовании естественных заземлителей, R_z , Ом

$$R_z = \frac{R_e \cdot R_u}{R_e + R_u}, \quad (9.1)$$

где R_e – сопротивление естественных заземлителей, Ом.

$$R_e = \frac{\rho}{\sqrt{S}}, \quad (9.2)$$

где ρ – удельное сопротивление грунта, Ом·м, $\rho=200$ Ом·м;
 S – площадь, ограниченная периметром здания, м².

$$S = a \cdot b, \quad (9.3)$$

где a, b – ширина и длина здания, соответственно, м.

$$S = 18 \cdot 30 = 540 \text{ м}^2.$$
$$R_e = \frac{200}{\sqrt{540}} = 8,61 \text{ Ом}.$$

Сопротивление искусственных заземлителей, R_u , Ом

$$R_u = \frac{R_6 \cdot R_2}{R_6 + R_2}, \quad (9.4)$$

где R_6 – суммарное сопротивление всех вертикальных заземлителей, Ом
 R_2 , – сопротивление горизонтального заземления, Ом

Вертикальный заземлитель выполнен электродами из угловой стали 50×50×5 мм и длиной 2,5 м, на расстоянии 1,25 м друг от друга. Контур выполнен из полос 40×4 мм, проложенных на глубине 0,7 м.

Сопротивление одиночного вертикального заземлителя, $R_{ст.од.}$, Ом:

$$R_{\text{ст.од.}} = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot l}{d} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot H + l}{5 \cdot H - l} \right), \quad (9.5)$$

$$R_{\text{ст.од.}} = \frac{200}{2 \cdot 3,14 \cdot 2,5} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 2,5}{0,05} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot 0,7 + 2,5}{5 \cdot 0,7 - 2,5} \right) = 69 \text{ Ом}.$$

Число вертикальных заземлителей, n , шт, находим по формуле:

$$n = \frac{L}{a_3}, \quad (9.6)$$

где: L – общая длина контура заземления, $L=75$ м;
 a_3 – расстояние между электродами, $a_3=1,25$ м.

$$n = \frac{75}{1,25} = 60 \text{ шт.}$$

Суммарное сопротивление всех вертикальных заземлителей, R_B , Ом

$$R_B = R_{\text{ст.од.}} / n \cdot \eta_{\text{ст.}}, \quad (9.7)$$

где $\eta_{\text{ст.}}$ – коэффициент использования электродов, характеризующий степень использования его поверхности из-за экранирующего влияния соседних электродов, $\eta_{\text{ст.}}=0,35$.

$$R_B = 69 / 60 \cdot 0,35 = 0,4 \text{ Ом}.$$

Сопротивление горизонтального заземления, уложенного на глубине 0,7 м, R_2 , Ом

$$R_2 = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l_2} \cdot \ln \frac{2 \cdot l_2^2}{b \cdot H}, \quad (9.8)$$

где l_2 – длина заземлителя, м;
 b – ширина полосового заземлителя, м.

$$R_2 = \frac{200}{2 \cdot 3,14 \cdot 75} \cdot \ln \frac{2 \cdot 75^2}{0,04 \cdot 0,7} = 5,41 \text{ Ом}.$$

$$R_{II} = \frac{0,4 \cdot 5,41}{(0,4 + 5,41)} = 0,37 \text{ Ом}.$$

$$R_3 = \frac{8,61 \cdot 0,37}{(8,61 + 0,37)} = 0,35 \text{ Ом}.$$

Рассчитанное сопротивление заземления удовлетворяет требованиям ПУЭ:

$$0,35 < 0,5.$$

Внутренняя сеть заземления выполняется в виде магистралей заземления, проложенных во всех помещениях электроустановки. С заземлителями внутренняя сеть соединяется в нескольких местах. Выполняется сеть заземления стальными полосами сечением не менее 24 мм^2 , при толщине не менее 3 мм. Все соединения заземляющих проводников между собой и с заземлителем выполняются сваркой.

Каждый заземляющий элемент установки присоединяется к заземлителю при помощи отдельного ответвления.

К кожухам электрооборудования заземляющие проводники присоединяются при помощи болтов или сварки.

Открыто проложенные заземляющие проводники окрашиваются в фиолетовый цвет.

Защита от механического травмирования

Защита от механического травмирования осуществляется наличием ограждений на оборудовании, на ремённых передачах насосов и т.д. Съёмные ограждения убираются только на время выполнения технологических операций, которые не могут быть выполнены без снятия ограждения.

Для защиты персонала от тепловых воздействий все работы, связанные с работой при высоких температурах, ведутся в спецодежде, спецобуви и защитных средствах.

9.4 Производственная санитария

Выделяется ряд категории тяжести труда.

К I категории тяжести труда относится работа оператора – технолога. Это легкая работа (физические усилия не превышают 174 Вт), выполняется сидя или стоя, не требует систематического мышечного напряжения.

Ко II категории тяжести труда относятся работы, выполняемые оперативным персоналом. Это работы средней тяжести, связаны с постоянной ходьбой, работы, выполняемые стоя или сидя, но не связанные с перемещением тяжестей (категория II а), или работы, связанные с ходьбой и переноской тяжестей до 10 кг (категория II б).

К III категории тяжести труда относятся работы ремонтного персонала, производящего монтаж или ремонт оборудования. Это тяжелые работы, связанные с систематическим физическим напряжением.

Установление оптимальных параметров микроклимата

В производственных помещениях, в которых работа с использованием ПЭВМ является основной (диспетчерские, операторские, расчетные, кабины и

посты управления, залы вычислительной техники и др.) и связана с нервно-эмоциональным напряжением, должны обеспечиваться оптимальные параметры микроклимата для категории работ 1а и 1б в соответствии с действующими санитарно-эпидемиологическими нормативами микроклимата производственных помещений. На других рабочих местах следует поддерживать параметры микроклимата на допустимом уровне, соответствующем требованиям указанных выше нормативов.

Для работ, производимых сидя, стоя или связанных с ходьбой и сопровождающихся некоторым физическим напряжением, при которых расход энергии составляет от 120 до 150 ккал/ч., оптимальные нормы микроклимата для помещений с ПЭВМ приведены в таблице 9.2.

Для повышения влажности воздуха в помещениях с ПЭВМ следует применять увлажнители воздуха, заправляемые ежедневно дистиллированной или прокипяченной питьевой водой.

Таблица 9.2 – Оптимальные нормы микроклимата

Период года	Температура воздуха, °С не более		Относительная влажность воздуха, %		Скорость движения воздуха, м/с
	21	23	40	60	
Холодный	21	23	40	60	0,1
Теплый	22	24	40	60	0,2

Для обеспечения установленных норм микроклиматических параметров и чистоты воздуха в производственных помещениях применяют вентиляцию. В помещении необходимо обеспечить приток свежего воздуха, количество которого определяется технико-экономическим расчетом и выбором системы вентиляции. Расчет следует проводить по теплоизбыткам от машин, людей, солнечной радиации и внешнего освещения.

Система кондиционирования воздуха предназначена для поддержания постоянной температуры, влажности и очистки воздуха от загрязнения в машинных залах. При этом основной задачей установки кондиционирования воздуха является поддержание параметров воздушной среды в допустимых пределах, обеспечивающих надежную работу ПАЭВМ, длительное хранение носителей информации и комфортные условия для персонала.

Для помещения выбираем систему раздельного типа охлаждения и кондиционирования воздуха. Она представляют собой устройства кондиционирования воздуха с двумя зонами регулирования, предназначенными соответственно для обеспечения технических средств охлажденным воздухом и машинного зала – свежим кондиционированным воздухом.

Определение характеристики зрительной работы, фона и контраста объекта различения с фоном; нормирование, выбор и расчёт системы освещения.

Рабочие столы следует размещать таким образом, чтобы экраны ПЭВМ за которыми работает оператор – технолог были ориентированы боковой стороной к световым проемам, чтобы естественный свет падал преимущественно слева. Рекомендуется размещение окон с одной стороны рабочего помещения, желательно на север или северо-восток. На окнах следует установить жалюзи с вертикальными ламелями. Желательно размещение мониторов подальше от окон и таким образом, чтобы их экраны были перпендикулярны к поверхности окон.

Искусственное освещение в операторной должно осуществляться системой общего равномерного освещения. Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300 – 500 лк. Допускается установка светильников местного освещения для подсветки документов. Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана ПЭВМ. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк. В качестве источников света при искусственном освещении должны применяться преимущественно люминесцентные лампы типа ЛБ. Допускается применение ламп накаливания в светильниках местного освещения.

Общее освещение следует выполнять в виде сплошных или прерывистых линий светильников, расположенных сбоку от рабочих мест, параллельно линии зрения пользователя при рядом расположении ПЭВМ. Для обеспечения нормируемых значений освещенности в помещениях использования ПЭВМ следует проводить чистку стекол оконных рам и светильников не реже двух раз в год и проводить своевременную замену перегоревших ламп.

Проведем расчет искусственного освещения в операторной. Для освещения помещения с размерами 10 на 8 метров и высотой 3 метра выбираем потолочные светильники типа УСП – 35 с двумя люминесцентными лампами ЛБ – 40. Коэффициент отражения светового потока от потолка, стены и пола, соответственно: $q_n = 70\%$; $q_c = 50\%$; $q_{\text{пола}} = 10\%$.

Уровень рабочей поверхности над полом h_p составляет 0,8 м [17]. Тогда расстояние от потолка до рабочей поверхности h , м, составит:

$$h = H - h_p, \quad (9.9)$$

где H – высота помещения лаборатории от пола до потолка, м.

$$h = 3 - 0,8 = 2,2 \text{ м.}$$

У светильников УСП-35 наиболее выгодное отношение $\varepsilon = 1,4$. Отсюда расстояние между рядами светильников вдоль длинной стены L , м

$$L = \varepsilon \cdot h, \quad (9.10)$$

$$L = 1,4 \cdot 2,2 \approx 3.$$

Число рядов светильников n определяется по формуле:

$$n = \frac{B}{L}, \quad (9.11)$$

где B – длина помещения лаборатории, м.

$$n = \frac{8}{3} = 2,6.$$

Число рядов светильников n принимается равным 3.

Расстояние между стенами и крайними рядами светильников l , м

$$l = (0,3 \dots 0,5)L,$$
$$l = 0,9 \dots 1,5,$$

Расстояние между стенами и крайними рядами светильников l принимается равным 1,2 м.

Индекс помещения

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)}, \quad (9.12)$$

где A – ширина помещения лаборатории, м.

$$i = \frac{10 \cdot 8}{2,2 \cdot (10 + 8)} = 2,02$$

Световой поток, излучаемый светильником Φ_{CB} , лм

$$\Phi_{CB} = 2 \cdot \Phi_l, \quad (9.13)$$

где Φ_l – номинальный световой поток для лампы ЛБ-40, лм, принимаем 3120 лм.

$$\Phi_{CB} = 2 \cdot 3120 = 6240 \text{ лм.}$$

Необходимое число светильников N , шт. находим по формуле

$$N = \frac{E_H \cdot K_3 \cdot A \cdot B \cdot z}{n \cdot \Phi_{CB} \cdot \eta}, \quad (9.14)$$

где E_H – норма освещенности для мастерской, лк, принимаем 400 лк.

K_3 – коэффициент запаса для осветительных установок общего освещения, по [17] $K_3 = 1,4$;

z – поправочный коэффициент, учитывающий неравномерность освещения, выбирается для люминесцентных ламп = 1,1;

η – коэффициент использования светового потока светильника, зависящий от индекса помещения i , коэффициента отражения стен q_c и потолка q_n , $\eta = 0,45$.

$$N = \frac{400 \cdot 1,4 \cdot 10 \cdot 8 \cdot 1,1}{3 \cdot 6240 \cdot 0,45} \approx 6 \text{ шт.}$$

Таким образом, в помещении устанавливаются 6 светильников в три ряда.

Выбор систем вентиляции и очистки воздуха.

Основное назначение вентиляции – удаление из рабочей зоны загрязненного или перегретого воздуха и подача чистого воздуха, в результате чего в рабочей зоне создаются необходимые благоприятные условия воздушной среды. Одна из главных задач, возникающих при устройстве вентиляции – определение воздухообмена, то есть количества вентиляционного воздуха, необходимого для обеспечения оптимального санитарно-гигиенического уровня воздушной среды помещения.

В зависимости от способа перемещения воздуха в производственных помещениях вентиляция делится на естественную и искусственную (механическую).

Естественная вентиляция производственных помещений осуществляется за счет разности температур в помещении наружного воздуха (тепловой напор) или действия ветра. Естественная вентиляция может быть организованной и неорганизованной.

При неорганизованной естественной вентиляции воздухообмен осуществляется за счет вытеснения внутреннего теплого воздуха наружным холодным воздухом через окна, форточки, фрамуги и двери.

Организованная естественная вентиляция, или аэрация, обеспечивает воздухообмен в заранее рассчитанных объемах и регулируемый в соответствии с метеорологическими условиями. Аэрация осуществляется при помощи проемов в стенах и потолке и рекомендуется в помещениях большого объема. Для получения расчетного воздухообмена вентиляционные проемы в стенах, а также в кровле здания (аэрационные фонари) оборудуют фрамугами, которые открываются и закрываются с пола помещения.

Естественная вентиляция дешева и проста в эксплуатации. Основной ее недостаток заключается в том, что приточный воздух вводится в помещение

без предварительной очистки и подогрева, а удаляемый воздух не очищается и загрязняет атмосферу. Естественная вентиляция применима там, где нет больших выделений вредных веществ в рабочую зону.

Искусственная (механическая) вентиляция устраняет недостатки естественной вентиляции. При механической вентиляции воздухообмен осуществляется за счет напора воздуха, создаваемого вентиляторами (осевыми и центробежными). Воздух в зимнее время подогревается, в летнее - охлаждается и, кроме того, очищается от загрязнений (пыли и вредных паров и газов). Механическая вентиляция бывает приточной, вытяжной, приточно-вытяжной, а по месту действия – общеобменной и местной.

При приточной системе вентиляции производится забор воздуха извне с помощью вентилятора через калорифер, где воздух нагревается и при необходимости увлажняется, а затем подается в помещение. Количество подаваемого воздуха регулируется клапанами или заслонками, устанавливаемыми в ответвлениях. Загрязненный воздух выходит через двери, окна, фонари и щели не очищенным.

При вытяжной системе вентиляции загрязненный и перегретый воздух удаляется из помещения через сеть воздуховодов с помощью вентилятора. Загрязненный воздух перед выбросом в атмосферу очищается. Чистый воздух подсасывается через окна, двери, неплотности конструкций.

Приточно-вытяжная система вентиляции состоит из двух отдельных систем – приточной и вытяжной, которые одновременно подают в помещение чистый воздух и удаляют из него загрязненный. Приточные системы вентиляции также возмещают воздух, удаляемый местными отсосами и расходуемый на технологический нужды: огневые процессы, компрессорные установки, пневмотранспорт и другие.

Местная вентиляция бывает вытяжная и приточная. Вытяжную вентиляцию устраивают, когда загрязнения можно улавливать непосредственно у мест их возникновения. Для этого применяют вытяжные шкафы, зонты, завесы, бортовые отсосы у ванн, кожухи, отсосы у станков и так далее. К приточной вентиляции относятся воздушные души, завесы, оазисы.

При применении окон с высокими звуко- и теплозащитными свойствами естественного воздухообмена, обусловленного щелями и неплотностями, недостаточно для обеспечения здорового микроклимата в помещении. Тогда возможно применение приточно-вытяжных систем механической вентиляции помещения.

Требования к уровням шума на рабочем месте.

Источниками шума в мастерской являются сами ПЭВМ (встроенные в стойки ПЭВМ вентиляторы).

При выполнении основной работы на ПЭВМ уровень шума на рабочем месте не должен превышать 50 дБА.

Снизить уровень шума в лаборатории с ПЭВМ можно использованием звукопоглощающих материалов с максимальными коэффициентами звукопоглощения в области частот 63 – 8000 Гц для отделки помещений

(разрешенных органами и учреждениями Госсанэпиднадзора России), подтвержденных специальными акустическими расчетами [17].

Требования к организации режима труда и отдыха при работе с ПЭВМ

Режимы труда и отдыха при работе с ПЭВМ должны организовываться в зависимости от вида и категории трудовой деятельности. Вид трудовой деятельности программиста относится к группе В – творческая работа в режиме диалога с ПЭВМ, к третьей категории тяжести и напряженности работы с ПЭВМ – по суммарному времени непосредственной работы с ПЭВМ за рабочую смену, но не более 6 часов за смену.

Для обеспечения оптимальной работоспособности и сохранения здоровья профессиональных пользователей на протяжении рабочей смены должны устанавливаться регламентированные перерывы. В течение смены регламентированные перерывы следует устанавливать через 1,5 – 2 часа от начала рабочей смены и через 1,5 – 2 часа после обеденного перерыва продолжительностью 20 минут каждый или продолжительностью 15 минут через каждый час работы. Продолжительность непрерывной работы с ПЭВМ без регламентированного перерыва не должна превышать 2 часов.

Во время перерывов с целью снижения нервно – эмоционального напряжения, утомления зрительного анализатора, устранения влияния гиподинамии целесообразно выполнять комплексы упражнений.

С целью уменьшения отрицательного влияния монотонной работы целесообразно применять чередование операций осмысленного текста и числовых данных, чередование редактирования текстов и ввода данных (изменение содержания работы).

9.5 Экологическая безопасность

Основными источниками загрязнения атмосферы являются антропогенные источники, то есть возникшие в результате деятельности человека. Для регулирования выбросов вредных веществ в атмосферу используют индивидуальные для каждого вещества и предприятия нормы предельно–допустимых выбросов и концентраций, которые учитывают количество источников, их высоту, распределение выбросов во времени и пространстве и другие факторы.

Предельно–допустимая концентрация (ПДК) – максимальная концентрация примесей в атмосфере, отнесенная к определенному периоду времени, которая при периодическом воздействии или на протяжении всей жизни человека не оказывает на него вредного влияния, включая отдаленные последствия.

Предельно–допустимый выброс (ПДВ) – предельное количество вредного вещества, разрешаемое к выбросу от данного источника, которое не создает приземную концентрацию, опасную для живого организма.

При эксплуатации ЭВМ выбросов вредных веществ в окружающую среду не происходит.

При работе с вычислительной техникой на окружающую среду оказывает влияние спектр электромагнитного излучения. С экрана дисплея в основном исходит ультрафиолетовое излучение.

Ультрафиолетовое излучение в дальнейшем (УФИ) – спектр электромагнитных колебаний с длиной волны 200...400 нм. По биологическому эффекту выделяют три области УФИ:

- УФА с длиной волны 400...280 нм, отличается сравнительно слабым биологическим действием;
- УФЕ с длиной волны 315...280 нм, обладает выраженным загарным и антирахитическим действием;
- УФС с длиной волны 280...200 нм, активно действует на тканевые белки и липиды, обладая выраженным бактерицидным действием.

На окружающую среду, природу, солнечное УФ–излучение влияет благотворно и является необходимым. Но излучение искусственных источников является губительным.

Ультрафиолетовое излучение искусственных источников может стать причиной острых и хронических профессиональных заболеваний. Наиболее уязвимы глаза, а также присутствует опасность кожного поражения и возникновения общетоксического явления с повышением температуры, ознобом, головными болями. Канцерогенный эффект ультрафиолетового излучения зависит от дозы регулярного ультрафиолетового облучения и некоторых других факторов. Снижение интенсивности облучения УФ и защита от его воздействия достигается защитой "расстоянием", экранированием источников излучения; экранированием рабочих мест; средствами индивидуальной защиты; специальной окраской помещений и рациональным размещением рабочих мест.

Защита «расстоянием» – удаление обслуживающего персонала от источников УФИ. Расстояния, на которых уровни УФИ не представляют опасности для человека, определяются только экспериментально в каждом конкретном случае в зависимости от условий работы, состава производственной атмосферы, вида источника излучения, отражающих свойств конструкций помещения и оборудования.

Таким образом, наиболее рациональным методом защиты является экранирование источников излучений. В качестве материалов экрана могут применяться различные материалы и светофильтры, не пропускающие или снижающие интенсивность излучения.

Вывод:

В результате внедрения автоматизированной системы учета электрической энергии в обязанности дежурного персонала не будет входить обход подстанций с ручным снятием показаний электрической энергии, вследствие чего персонал не подвергается физическим, химическим вредным и опасным факторам. Так как система автоматизированной информационно – измерительной системы контроля и коммерческого учета электроэнергии

оснащена центром обработки информации – компьютерами, то дежурному персоналу необходимо обработать полученную информацию по расходу электрической энергии, следовательно оператор подвергается воздействию электромагнитных полей, работа на персональном компьютере приводит к утомлению глаз, а при длительном воздействии, может привести к снижению остроты зрения. Длительная работа приводит к общему утомлению оператора.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе рассмотрен вопрос разработки автоматизированной информационно – измерительной системы контроля и коммерческого учета электроэнергии для Департамента по производству плавленного периклаза ООО «Группа Магнезит». Автоматизированная информационно – измерительная система контроля и коммерческого учета электроэнергии выполнена на современной базе Российского предприятия Эльстер Метроника.

Для автоматизированной информационно – измерительной системы контроля и коммерческого учета электроэнергии произведён выбор современного электрического оборудования, отвечающего необходимым требованиям. Проанализированы подразделения (отделения, участки цеха) департамента и определено место расположения точек учёта электрической энергии.

В организационно – экономическом разделе приведены сводные данные экономического расчёта на разработку автоматизированной информационно – измерительной системы контроля и коммерческого учета электроэнергии. Рассчитанная экономическая эффективность от автоматизации составляет 1929168 рубль, срок окупаемости капитальных вложений 2,1 года.

Также были рассмотрены вопросы по охране труда, произведен анализ всех производственных и экологических опасностей. Предусмотрены меры по охране труда и определены требования производственной санитарии. Выполнен расчёт защитного заземления. Рассмотрены вопросы по экологической безопасности и гражданской обороне.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Быстрицкий, Г. Ф. Выбор и эксплуатация силовых трансформаторов / Г. Ф. Быстрицкий, Б. И. Кудрин. – М.: Изд-во «Академия», 2003. – 176 с.
- 2 Гольстрем, Р.А. Справочник энергетика промышленных предприятий/ Р.А. Гольстрем, А.С. Иваненко. –4-е изд., перераб. и доп. – Киев: Техника, 1977. – 464 с.
- 3 Гурин, Н.А., Электрооборудование промышленных предприятий и установок. Дипломное проектирование: Учеб. Пособие/ Н.А. Гурин, Г.И. Янукович. – Мн.: Выш. шк., 1990. – 238 с.
- 4 Дзекцер, Н. Г. Энергоэкологический аудит и закон об энерго-сбережении/ Н.Г. Дзекцер, Е.Н. Карелин, А.Н. Карелин// Электроцех. 2005. № 6. – 18 с.
- 5 Кириллов, В.Е., Методические Указания студентам специальности 140604 «Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов» для подготовки экономического раздела дипломного проекта. – 25 с.
- 6 Комкин, А.Н. Опыт внедрения системы учёта на промпредприятиях/ А.Н. Комкин, В.А. Микула, Д.Н. Томашевский// Электроцех. 2005.– 24 с.
- 7 Конюхова, Е. А. Электроснабжение объектов: Учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. Образования/ Е.А. Конюхова. – М.: Издательство «Мастерство», 2002. –320 с.
- 8 Мельников, М.А. Электроснабжение промышленных предприятий: Учеб. Пособие/ М.А. Мельников. – Томск: Изд. ТПУ, 2000. – 144 с.
- 9 НТП ЭПП-94. Нормы технологического проектирования. Проектирование электроснабжения промышленных предприятий. –М.: Изд-во Тяжпромэлектропроект, 1994. – 448 с.
- 10 ПОТ Р М-016-2001 (РД 153-34.0-03.150-00) «Межотраслевые Правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок»- М.: Издательство НЦ ЭНАС; 2001. – 210с.
- 11 Правила устройства электроустановок: обязат. для всех ведомств, предприятий и орг., независимо от форм собственности, занимающихся проектированием и монтажом электроустановок. – Главгосэнергонадзор России. – М.: ЗАО «Энергосервис», 2003. – 56 с.
- 12 Проектирование электроустановок: учеб. пособие / М.М. Лукьянов, А.В. Коношенко; под. ред. М.М. Лукьянова. – Челябинск: Книга, 2008. – 448 с.
- 13 Ристхейн, Э.М. Электроснабжение промышленных установок: учеб. для вузов по специальности : «Электропривод и автоматизация пром. установок и технолог. комплексов» / Э.М. Ристхейн. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 423 с.
- 14 РТМ 36.18.32.4 – 92. Указания по расчёту электрических нагрузок. –М.: Изд-во Тяжпромэлектропроект. 1992. – 234 с.

15 Сибикин, Ю.Д. Справочник по эксплуатации электроустановок промышленных предприятий/ Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин. – 40 изд., испр. и доп. – М.: Высш. шк.; Издат. центр «Академия», 2001. – 248 с.

16 Справочник по электроснабжению промышленных предприятий: Промышленные электрические сети. / А.А. Федоров, Г.В. Сербиновский; под общ. ред. А.А. Федорова и Г.В. Сербиновского. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергия, 1980. – 576 с.

17 СТО ЮУрГУ 04-2008 Стандарт организации. Курсовое и дипломное проектирование. Общие требования к содержанию и оформлению / составители: Т.И. Парубочная, Н.В. Сырейщикова, В.И. Гузеев, Л.В. Винокурова. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008. – 56 с.

18 Трофимова, С.Н., Павлова, Т.В., Литвиненко, Т.Н. Экология. Курс лекций. Ч.1. Челябинск, 2002. – 68 с.

19 Федоров, А.А. Основы электроснабжения промышленных предприятий: Учебник для вузов/ А.А. Федоров, В.В. Каменева. – 4-е изд., перераб. доп. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 472 с.

20 Шеховцов, В.П. Расчет и проектирование схем электроснабжения, Методическое пособие для курсового проектирования/ В.П. Шеховцов. – М.: Изд-во ФОРУМ; ИНФРА-М, 2005. — 214 с, ил.

21 Электротехнический справочник: в 4 т. Т 3: Производство, передача и распределение электрической энергии/ под общ. ред. профессоров МЭИ В.Г. Герасимова. – 9-е изд., стер. – М.: Издательство МЭИ, 2004.– 964 с.

22 СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.

23 Официальный сайт компании Itron International (предыдущее наименование – Actaris) – <http://www.actaris.ru>

24 Официальный сайт компании Рынок электротехники – <http://www.marketelectro.ru>

25 Официальный сайт компании Эльстер Метроника – <http://www.elster.ru>

26 Официальный сайт компании Энергия – <http://www.eu.sama.ru>

27 Официальный сайт компании Энерго Центр – <http://www.ec74.ru>

28 Официальный сайт компании Энергоурал – <http://www.energo-ural.ru>

29 Официальный сайт Московского завода измерительных приборов – <http://www.mzep.ru>

30 Официальный сайт торгового дома Трансформатор – <http://www.tdtransformator.ru>

31 Официальный сайт финансово-промышленной группы «Технологии Энергосбережения» (ENSAT) – <http://www.ensat.ru>

9		АРМДТ	11.5	0,929	2 ШСУ	256.404
10		ПБСТ	2.8	0,929	1 секция	62.429
11		ПБСТ	2,8	0,929	п/ст 101	62,429
12		ПБСТ	2.8	0.929		62,429

Печь № 3						
13		АРМДТ	11,5	0,906	2 ШСУ 2 секция п/ст 101	250,056
14		ПБСТ	2,8	0,906		60,883
15		ПБСТ	2,8	0,906		60,883
16		ПБСТ	2,8	0,906		60,883
Печь № 5						
17		АРМДТ	11,5	0,745	3 ШСУ 1 секция п/ст 88	205,620
18		ПБСТ	2,8	0,745		50,064
19		ПБСТ	2,8	0,745		50,064
20		ПБСТ	2,8	0,745		50,064
Печь № 6						
21		АРМДТ	11,5	0,935	4 ШСУ 1 секция п/ст 88	258,060
22		ПБСТ	2,8	0,935		62,832
23		ПБСТ	2,8	0,935		62,832
24		ПБСТ	2,8	0,935		62,832
Печь № 7						
25		АРМДТ	11,5	0,421	4 ШСУ 2 секция п/ст 88	116,196
26		ПБСТ	2,8	0,421		28,291
27		ПБСТ	2,8	0,421		28,291
28		ПБСТ	2,8	0,421		28,291

продолжение приложения А

продолжение таблицы А.1

№ п/п	Наименование технологического оборудования	Тип оборудования	Уст. мощность	Коэф. Испол.	Питание	Эл. Потреб. кВтч/сутки
Печь № 8						
29		АРМДТ	11,5	0,917	4 ШСУ 1 Ш п/ст 88	263,092
30		ПБСТ	2,8	0,917		61,622
31		ПБСТ	2,8	0,917		61,622
32		ПБСТ	2,8	0,917		61,622
Печь № 9						
33		АРМДТ	11,5	0,321	3ШСУ 1 секций п/ст 88	88,596
34		ПБСТ	2,8	0,321		21,571
35		ПБСТ	2,8	0,321		21,571
36		ПБСТ	2,8	0,321		21,571
Печь № 10						
37		АРМДТ	15	0,745	1 секция п/ст 88	268,200
38		П-32	1	0,745		17,880
39		П-32	1	0,745		17,880
40		П-32	1	0,746		17,880
Поток № 1, 2						
41		АО2-62-693	13	0,500	5 ШСУ п/ст 89	156,000
42		РРТ - 120/6	0,12	0,500		1,440
Поток № 3						
43	загр.брусита	С 950		0,625	1 ШСУ 1 секция	112,410
44		ВАО 52 - 695	7,5	0,625		45,000

45	конвейер	4A100 3493	3	0,625	п/ст 89	60,000
46	конвейер	A02 - 41- 4	4	0,625		
Кран № 2						
47		MTF-312-6	15	0,875	1 ШСУ 2 секция 4 ШСУ 1 секция п/ст 89 6 ШСУ 1 секция	315,000
48		MTF-312-7	15	0,875		315,000
49		MTF-312-8	5	0,875		105,000
50		MTF-312-9	15	0,875		315,000
51		MTF-312-10	60	0,875		1260,00
52	Тельфер	КГ-1665-06	0,75	0,500		9,000
53	Подъем тали	КГ-2009-6	3	0,002		0,144
54	ход тали	КН-1306-6А	0,25	0,002		0,012
55	подъем	КГ-2008-6	3	0,002		0,144
56	ход	КН-1306-6А	0,25	0,080		0,480
57	вентилятор	АО2-51-693	30	0,083		60,000
58	шнек	ИК11-2212611	4	0,125		12,000
59	кам.вскрыт. 1	АОС52-4	7,1	0,875		149,100
Поток № 5						
60	питатель	ПТ - 185	0,5	0,875	1 ШСУ 2 секция	10,500
61	конвейер	A02 – 42 - 492	5,5	0,875		115,500
62	дробилка	АОА2 – 85 - 6	40	0,875		840,000

продолжение приложения А

окончание таблицы А.1

№ п/п	Наименование технологического оборудования	Тип оборудования	Уст. мощность	Коэф. Испол.	Питание	Эл. Потреб. кВтч/сутки
Поток № 6						
63	питатель	ПТ-185	0,5	0,875	3 ШСУ 1 секция	10,500
64	конвейер	A02-42-492	5,5	0,875		115,500
65	дробилка	АОА2-85-6	40	0,875		840,000
Поток № 7						
66	питатель	ПТ-185	0,5	0,875	3 ШСУ 2секция	10,500
67	конвейер	АО2-42-492	5,5	0,675		115,500
68	дробилка	АОА2-85-6	40	0,875		840,000

Таблица А.2 – Перечень оборудования и его потребление электрической энергии в ЦМП - 4, отделения помола на стороне 0,4 кВ

№ п/п	Наименование технологического оборудования	Тип оборудования	Уст. мощность	Коэф. Испол.	Питание	Эл. Потреб. кВтч/сутк
Поток № 3						
1	дробилка	A02-52-693	10	0,825	1 ШСУ- 1 секция	198,000
2	конвейер	ТМ-41-493	2,2	0,825		43,580
3	элеватор	ВАО-41-693	3	0,825		59,400
4	грохот	ВАО-41-693	5,5	0,825		108,900

№ п/п	Наименование технологического оборудования	Тип оборудования	Уст. мощность	Коэф. Испол.	Питание	Эл. Потреб. кВтч/сутк
5	грохот	А-41-4	3	0,825		59,400
6	дробилка	А-02 – 61 – 8	18,5	0,825		368,300
7	вибропитатель	С 920	0,5	0,825		9,900
9	тележка	МТГ – Т – 6	3,5	0,825		69,300
Поток № 4						
10	дробилка	А02-52-693	10	0,825		198,000
11	дробилка	А02-52-695	18,5	0,825		366,300
12	конвейер	4МЯ-10084	2,2	0,825		43,560
13	элеватор	ВАО-41-693	5	0,825		99,000
14	грохот	А-41-4	3	0,825		59,400
15	грохот	А-41-4	5,5	0,825		108,900
16	вибропитатель	С 920	0,5	0,825		9,900
Поток № 5						
17	вибропитатель	С 920	0,5	0,825	1ШСУ-2 2 секция	9,900
18	дробилка	А02-61-6	30	0,825		594,000
19	дробилка	А02-52-693	7,5	0,825		148,500
20	конвейер	4А 1008-493	2,2	0,825		43,560
21	элеватор	ВАО-41-69	3	0,825		59,400
22	грохот	4А80В 493	5,5	0,825		108,900
23	тележка	МТР-3-С	3,5	0,825		69,300
Поток № 6						

продолжение приложения А

продолжение таблицы А.2

№ п/п	Наименование технологического оборудования	Тип оборудования	Уст. мощность	Коэф. Испол.	Питание	Эл. Потреб. кВтч/сутк
25	дробилка	А02-52-693	7,5	0,825	2 секция	148,500
26	дробилка	А02-52-693	7,5	0,825		148,500
27	конвейер	АОА2-31-6	2,2	0,825		43,560
28	элеватор	ВАО-41-69	3	0,825		59,400
29	грохот	ВАО-41-693	3	0,825		59,400
30	грохот	ВАО-41-493	5,5	0,825		108,900
31	тележка	МТР-3-6	3,5	0,825		69,300
Поток № 7						
32	питатель	С 920	0,5	0,825		9,900
33	дробилка	АО2-52-693	10	0,825		198,000
34	дробилка	АО2-52-693	18,5	0,825		366,300
35	конвейер	АОА2-31-6	2,2	0,825		43,560
36	элеватор	ВАО-41-69	3	0,825		59,400
37	грохот	ВАО-41-493	2,2	0,825		43,560
38	грохот	ВАО-41-493	5,5	0,825		108,900
39	тележка	МТР-3-6	3,5	0,825		69,300
Поток № 8						

40	дробилка	A02-52-693	10	0,825	1ЩСУ-2	198,00
41	дробилка	A02-52-693	3	0,825	2 секция	59,400
42	грохот	4A100S-493	11	0,825	1ЩСУ-1	217,800
43	грохот	4A80B-493	5,5	0,825	1ЩСУ-1	108,900
44	конвейер	MP100S4	2,2	0,825		43,560
45	тележка	MTP-3-6	3,5	0,825		69,300
46	грохот	BAO-042-493	3,5	0,825		69,300
47	вибромельница 1	A31200/4	30	0,825		594,000
48	вибромельница 2	A31200/4	30	0,825		594,000
49	вибромельница2А	A31200/4	45	0,825		891,000
50	вибромельница 3	A51200/4	30	0,825		594,000
51	вибромельница3А	A31200/4	37	0,825		732,600
52	вибромельница 4	A31200/4	37	0,825		732,600
53	вибромельница 5	A31200/4	37	0,825		732,600
54	вибромельница5А	A31200/4	37	0,825		732,600
55	вибромельница 6	A31200/4	37	0,825		732,600
ВУ – 7						
56	шнек	4A80B-693	1,1	0,825	2 ЩСУ	21,760
57	вентилятор	A02-41-693	5,5	0,825	2 секция	108,900
58	м-м встряхивания	A02-46-693	3	0,825		59,400
59	вентилятор	B 3200/430	30	0,825		594,000
ПУ – 1						
60	вентилятор	KMP-160MOP	7,5	0,825	1ЩСУ-2	148,500
ПУ – 2						
61	вентилятор	PMP160MOP	13	0,825	1ЩСУ-2	257,400

продолжение приложения А

продолжение таблицы А.2

№ п/п	Наименование технологического оборудования	Тип оборудования	Уст. мощность	Коэф. Испол.	Питание	Эл. Потреб. кВтч/сутк
ВУ – 5						
63	м-м встряхивания	АО4-41	0,5	0,825		9,900
64	вентилятор	АО2-51-4	4,5	0,825		89,100
65	шнек	B 3200	1,5	0,825		29,700
ВУ – 9						
66	вентилятор	4AB23-493	4,5	0,825	2ЩСУ	89,100
67	шнек	A0A2-A-493	0,6	0,825	1 секция	11,880
ВУ - 8						
68	вентилятор	B 3200	30	0,825	2ЩСУ	594,000
69	м-м встяхив.	A02-4-693	3	0,825	2 секция	59,400
Поток № 1						
70	шнек	АОА-Л-493	0,6	0,300		4,320
ВУ – 10						
71	вентилятор	A02-42-493	5,5	0,300	2 ЩСУ	39,600
72	шнек	АО 2-М-493	0,6	0,300	1 секция	4,320
ВУ – 6						
73	шнек	4A80B-493	1,5	0,300	1ЩСУ-2	10,800

74	шнек	4A80B-493	4	0,300	1 секция	28,800
75	шнек	4A80B-494	3	0,300		21,600
76	м-м встрях.	AOS1-4	4,5	0,300		32,400
77	м-м встрях.	AO2-42-493	5,5	0,300		39,400
78	вентилятор	AO2-41-493	55	0,300		396,000
79	вентилятор	AO2-41-493	55	0,300		396,000
80	вентилятор	AO2-42-493	3,5	0,300		25,200
ПО						
81	прямок насос 1	AO251-493	15		2 ЩСУ 2 секция	
82	прямок насос 2	AO231-493	15	0,300		108,000
83	кран – балка	4AA56B-493	4,8	0,300		34,560
84	кран – балка	4A80B-493	4,8	0,300		34,560
85	кран – балка	4AA56	4,8	0,300		34,560
Мел."Палла" 1						
86	гл .привод	AM-3153M6	7,5	0,825	2 ЩСУ 1 секция	148,500
87	цент.смазка	АД63N2-4	18	0,825		356,400
88	барaban	RQF075-4-7	0,75	0,825		14,850
89	груб.продукция	QIX4-100L-4AO	2,2	0,825		43,560
90	вытяжка	A02-MA-2	4	0,825		79,200
91	мовш	R60,Д=90LV	1,5	0,825		29,700
Поток № 10						
92	питатель	С 920	0,5	0,625	2 ЩСУ 2 секция	7,500
93	дробилка	AT80M6	18,5	0,625		277,500
94	дробилка	AT80M6	18,5	0,625		277,50045
95	вентилятор	4A	30	0,625		0,000

продолжение приложения А

окончание таблицы А.2

№ п/п	Наименование технологического оборудования	Тип оборудования	Уст. мощность	Коэф. Испол.	Питание	Эл. Потреб. кВтч/сутк
96	виброконвейер	4MP-10084	3	0,625		45,000
97	тележка	МТР-Т-6	4	0,625		60,000
Пневмокласиф.						
98	вентилятор 1	4AM	22,5	0,375		202,500
99	вентилятор 2	4AM	22,5	0,375		202,500
100	воздуходувка 1		55	0,375		495,000
101	воздуходувка 2		55	0,375		495,000
Электропотребление участка помола за 30 суток:						556323,300

Таблица А.3 – Перечень оборудования и его потребление электрической энергии в ЦМП – 4, отделения газоочистки на стороне 0,4 кВ

№ п/п	Наименование технологического оборудования	Тип оборудования	Уст. мощность	Коэф. Испол.	Питание	Эл. Потреб. кВтч/сутки
1	Кран – балка	AO2-11-7	0,4	0,002	90 п/ст	0,019

2	Кран – балка	АО2-11-7	0,4	0,002	ШУ	0,019
3	Шнек 1	4АЛ2-М-493	6,5	0,208		32,500
4	Шнек 2	КМВ-100-49	4	0,208		19,968
5	Шнек 3	А02-51693	5,5	0,208		27,456
6	Шнек 4	4А1003-493	3	0,208		14,976
7	Шнек 5	4А1003-493	3	0,208		14,976
8	Шнек 6	4АИ2М-493	5,5	0,208		27,456
9	Элеватор	АО 2-51-4	7,5	0,208		37,440
10	Дымосос 1	А033153-493	160	1,000		3840,000
11	Дымосос 2	А033153-493	160	0,500		1920,000
12	Дымосос 3	А033153-493	160	0,500		1920,000
13	Кран – балка	АОВ 3-42-4	2,8	0,002		0,134
14	Кран – балка	АОАС-2-14-4	0,6	0,002		0,029
15	Кран – балка	АОАОС-2-114	0,6	0,002		0,029
Электропотребление газоочистки за 30 суток:						235650,072

Таблица А.4 – Дополнительное оборудование участка электропечей (электро-тележки участка электропечей) 0,4 кВ

№ п/п	Наименование технологического оборудования	Тип оборудования	Уст. мощность	Коэф. Испол.	Питание	Эл. Потреб. кВтч/сут
1	лоток 1 – 2	5 ТС	2.2	0,375	5 ШСУ	19,800
2	лоток 1 – 2	5 ТС	2.2	0,375		19,800
3	поток 5 – 6	5 ТС	2,2	0,375	3 ШСУ	19,800

окончание приложения А

окончание таблицы А.4

№ п/п	Наименование технологического оборудования	Тип оборудования	Уст. мощность	Коэф. Испол.	Питание	Эл. Потреб. кВтч/сутк
4	лоток 5 – 6	5 ТС	2,2	0.375	2 секция	19,800
5	поток 5 – 6	5 ТС	2,2	0,375		19,800
6	поток 5 – 6	5 ТС	2.2	0,375		19,800
7	поток 5 – 6	5 ТС	2.2	0,375		19,800
8	поток 5 – 6	5 ТС	2.2	0,375		19,800
9	поток 5 – 6	5 ТС	2.2	0,375	2 ШСУ	19,800
10	эл.печь	2 ОТС	3.5	0,375	1 секция	31,500
11	эл.печь	2 ОТС	3.5	0,375	3 ШСУ	31,500
12	эл.печь	2 ОТС	3.5	0,375	2 секция	31,500
13	эл.печь	2 ОТС	3.5	0,375		31,500
14	эл.печь	2 ОТС	3.5	0,375		31,500
15	эл.печь	2 ОТС	3.5	0,375		31,500
16	эл.печь	2 ОТС	3.5	0,375		31,500
17	эл.печь	2 ОТС	3.5	0,375		31,500
18	эл.печь	2 ОТС	3.5	0,375		31,500
19	эл.печь	2 ОТС	3,5	0,375		31,500

20	эл.печь	2 ОТС	3.5	0.375		1512.00
...						
67	–					
Эл.потребление участка эл.печей эл.тележками за 30 суток:					60156,000	

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Таблица В.1 – результаты расчетов токов КЗ (итоговая таблица).

Точка КЗ	Подстанция, система шин (секция), сторона трансформатора, линия	Напряжение, кВ	Ток I по, кА	Ток I уд, кА
1	ПС Огнеупор, ТМ № 1, ст. 110 кВ	115	15,32	38,88

2	ПС Огнеупор, ТМ № 2, ст. 110 кВ	115	15,27	38,72
3	ПС Огнеупор, I СШ 35 кВ	37	10,23	24,45
4	ПС Огнеупор, II СШ 35 кВ	37	9,5	22,33
5	ПС Огнеупор, ТМ № 1, ст. 6 кВ	6,3	41,95	106,61
6	ПС Огнеупор, ТМ № 2, ст. 6 кВ	6,3	33,91	84,56
7	ПС Огнеупор, I с 6 кВ	6,3	24,77	65,32
8	ПС Огнеупор, II с 6 кВ	6,3	23,76	62,62
9	ПС Огнеупор, III с 6 кВ	6,3	25,05	65,70
10	ПС Огнеупор, за т. огр. реактором 6 кВ	6,3	14,38	37,15
11	ПС Огнеупор, за т. огр. реактором 6 кВ, 1с.	6,3	21,77	58,38
12	ПС № 6,1 СШ 35 кВ	37	8,38	18,15
13	ПС № 6, II СШ 35 кВ	37	7,3	16,26
14	ПС № 6 ТМ № 2, ст. 6 кВ	6,3	8,5	20,28
15	ПС № 6 ТМ № 1, ст. 6 кВ	6,3	8,35	20,0
16	ПС Заводская, II СШ 35 кВ	37	8,23	17,34
17	ПС Сатка шины 35 кВ	37	8,67	18,88
18	ПС Заводская, III с 6 кВ	6,3	10,34	24,37
19	ПС Каменка, I СШ 35 кВ	37	6,73	14,18
20	ПС Каменка, II СШ 35 кВ	37	8,48	18,42
21	ПС Каменка, III с, II Бс 6 кВ	6,3	13,21	32,28
22	ПС Каменка, I с, II Ас 6 кВ	6,3	14,84	36,55
23	ПС № 13, I СШ 35 кВ	37	4,77	8,94
24	ПС № 13, ПСШ 35 кВ	37	4,44	8,55
25	ПС № 13, I с 6 кВ	6,3	4,3	9,85
26	ПС № 13, II с 6 кВ	6,3	3,75	8,18
27	ПС № 13, I с, Горводоканал	6,3	0,93	1,58
28	ПС № 13, I с, линия 11,2 км	6,3	0,61	1,02
29	ПС № 13, II с, Горводоканал	6,3	0,9	1,53
30	ПС № 13, II с, линия 11,2 км	6,3	0,59	0,99
31	ПС № 11, ТМ № 1, ст. 35 кВ	37	3,82	6,46
32	ПС № 11, ТМ № 2, ст. 35 кВ	37	3,62	6,25
33	ПС № 11, ТМ № 1, ст. 6 кВ	6,3	3,65	7,74
34	ПС № 11, ТМ № 2, ст. 6 кВ	6,3	5,68	11,89
35	ПС Шахтная, ТМ № 1, ст. 35 кВ	37	6,89	13,68
36	ПС Шахтная, ТМ № 2, ст. 35 кВ	37	4,23	8,02
37	ПС Шахтная, ТМ № 1, ст. 6 кВ	6,3	7,66	17,57
38	ПС Шахтная, ТМ № 2, ст. 6 кВ	6,3	8,26	18,43
39	ПС Сатка, шины 35 кВ	37	11,14	28,37
40	ПС Заводская, I СШ 35 кВ	37	7,25	15,08
41	ПС № 14, ИСШ 35 кВ	37	4,91	10,22
42	ПС № 14, I СШ 35 кВ	37	4,96	10,36

окончание приложения В

окончание таблицы В.1

43	ПС Заводская, III с 6 кВ	6,3	10,43	24,58
44	ПС № 14, II с 6 кВ	6,3	6,33	14,84
45	ПС № 14, I с 6 кВ	6,3	4,52	10,68
46	ПС № 14, II с 6 кВ, линия на ПС № 16	6,3	0,47	1,26
47	ПС № 14, I с 6 кВ, линия на ПС № 16	6,3	2,86	4,97

48	ПС Брусит, ТМ № 2, ст. 110 кВ	115	3,13	7,96
49	ПС Брусит, ТМ № 1, ст. 110 кВ	115	3,13	7,96
50	ПС Брусит, IV СШ 6 кВ	6,3	9,77	25,62
51	ПС Брусит, II СШ 6 кВ	6,3	10,45	27,45
52	ПС Брусит, I СШ 6 кВ	6,3	10,45	27,45
53	ПС Брусит, III СШ 6 кВ	6,3	9,77	25,62

