

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Филиал ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» в г. Златоусте

Факультет техники и технологии

Кафедра электрооборудования и автоматизации производственных процессов

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

_____ Ю.С. Сергеев
_____ 2020 г.

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ
ОПЕРАТИВНО-ДИСПЕТЧЕРСКОГО УПРАВЛЕНИЯ
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕМ ООО «ЗМЗ»

ПОЯНТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ– 13.03.02.2020.112.00.00 ПЗ ВКР

Консультанты

Безопасность жизнедеятельности
доцент

_____ С.Н. Трофимова
_____ 2020 г.

Руководитель работы
доцент

_____ С.Н. Трофимова
_____ 2020 г.

Экономическая часть
доцент

_____ С.Н. Трофимова
_____ 2020 г.

Автор работы
студент группы ФТТ-533

_____ Д.Ш. Динисламов
_____ 2020 г.

Нормоконтролер
ст. преподаватель

_____ О.В. Терентьев
_____ 2020 г.

АННОТАЦИЯ

Динисламов Д.Ш. Разработка автоматизированной системы оперативно-диспетчерского управления электроснабжением ООО «ЗМЗ». - Златоуст: Филиал ЮУрГУ в г. Златоусте, кафедра ЭАПП, 94 с. 26 илл. Библ. список 21 наим., 10 л. черт. ф.А1.

В настоящей выпускной квалификационной работе разработана автоматизированная система диспетчерского управления электроснабжением ООО «ЗМЗ».

Разработана структурная и функциональная схема АСДУЭ ООО «ЗМЗ». Выбрано инновационное микропроцессорное оборудование для организации системы АСДУЭ и рассмотрено функционирование этого оборудования в условиях металлургического завода. Выполнен расчет токов короткого замыкания на стороне 110, 35, 6кВ. Выбраны трансформаторы тока и напряжения для защиты электрооборудования от токов КЗ.

Рассчитаны технико-экономические показатели системы и сметная стоимость внедрения данной системы в эксплуатацию.

В разделе безопасность жизнедеятельности рассмотрены вопросы охраны труда диспетчера, организация его рабочего места, произведен расчет искусственного освещения диспетчерской. Отдельно рассмотрены вопросы экологической безопасности и обеспечения безопасности при угрозе чрезвычайных ситуаций.

					13.03.02.2020.112.00.00 ПЗ ВКР			
Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата	Разработка автоматизированной системы оперативно-диспетчерского управления электроснабжением ООО «ЗМЗ» Пояснительная записка.	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Динисламов Д.Ш				Д	4	94
Провер.		Трофимова С.Н				Филиал ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» в г. Златоусте Кафедра ЭАПП		
Т. Контр.		Сандалов В.М.						
Н. Контр.		Геретьев О.В.						
Утвержд.		Сергеев Ю.С.						

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ПЕРЕДОВЫХ ЗАРУБЕЖНЫХ.....	9
1.1 Автоматизированная система диспетчерского и технологического управления	9
1.2 Сравнение отечественных и передовых зарубежных систем АСДУЭ	11
2 ВЫБОР АРХИТЕКТУРЫ АСДУЭ.....	15
2.1 Цель и задачи создания системы АСДУЭ.....	15
2.2 Выбор архитектуры нижнего уровня АСДУЭ.....	16
2.3 Выбор архитектуры среднего уровня АСДУЭ	18
2.4 Выбор архитектуры верхнего уровня АСДУЭ	19
3 РАСЧЕТ И ВЫБОР АППАРАТОВ ЗАЩИТЫ	21
3.1 Краткий анализ электроснабжения ООО «ЗМЗ».....	21
3.2 Исследование систем АСДУЭ на повышение коэффициента готовности	22
3.3 Определение расчетных электрических нагрузок потребителей ООО «ЗМЗ»	28
3.4 Расчет токов короткого замыкания.....	30
3.5 Выбор аппаратов защиты электрооборудования АСДУ	39
4 РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ АСДУЭ ООО «ЗМЗ».....	51
4.1 Структурная организация сети.....	51
4.2 Структурная схема узловой ПС	52
4.3 Структурная схема среднего уровня.....	54
4.4 Структурная схема верхнего уровня	55
5 ОБОРУДОВАНИЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ АСДУЭ	58
5.1 Сбор и первичная обработка аналоговых и дискретных сигналов	58
5.2 УСО устройства связи с объектом.....	61
5.3 Устройства среднего уровня.....	62
5.4 Оперативный контроль текущего режима и состояния схем подстанций	62
5.5 Технический учёт и контроль качества электроэнергии	64
6 РАСЧЕТ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ.....	66
6.1 Основные показатели экономической эффективности.....	66
6.2 Расчёт годовой экономии от внедрения автоматизированной системы диспетчерского управления	69
6.3 Расчёт годового экономического эффекта.....	71
7 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	73
7.1 Краткое описание производственного участка	73
7.2 Анализ вредных и опасных производственных факторов	73
7.3 Выбор нормативных значений факторов рабочей среды.....	74
7.4 Охрана труда	77
7.5 Эргономика и производственная эстетика.....	82

7.6 Противопожарная и взрывобезопасность	88
7.7 Экологическая безопасность	89
7.8 Гражданская оборона	89
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	91
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	93

ВВЕДЕНИЕ

Златоустовский металлургический завод (ООО «ЗМЗ») это предприятие с длинной историей, которое производит специальные марки стали и сплавы, имеющие повышенные прочностные и пластические свойства.

Специализация ООО «ЗМЗ» - производство металлопродукции нержавеющей, инструментальной, легированных конструкционных, быстрорежущих, штамповых, жаропрочных и прецизионных марок стали и сплавов, поставка которых осуществляется на внутренний и внешний рынок.

В составе завода функционируют два электросталеплавильных, два прокатных, молотовый и термокалибровочный цех. Производит около 1000 марок стали и сплавов, выплавленных в открытых дуговых и индукционных электропечах, рафинированных электрошлаковым (ЭШП) и вакуумно-дуговым (ВДП) переплавами, в агрегате ковш-печь (АКП).

Система электроснабжения ООО «ЗМЗ» представляет собой сложную многоуровневую структуру, в состав которой входят следующие подстанции (ПС):

- главные понизительные ПС 110/6 кВ: ЗМЗ-3, ЗМЗ-4, ЗМЗ-6; 35/6 кВ: ЗМЗ-1, ЗМЗ-2;
- комплектные распределительные подстанции 6кВ ЦРП-44, ПС-38;
- распределительные ПС (РП) напряжением 6кВ.

Центральный диспетчерский пункт (ЦДП) - это важная составляющая бесперебойного функционирования электроснабжения завода, он должен максимально использовать микропроцессорную и вычислительную технику для получения, передачи и хранения информации с целью обеспечения наиболее эффективной работы оборудования.

ЦДП завода осуществляет:

- непрерывный контроль и оперативное управление энергообъектами предприятия;
- сбор и предварительную обработку полученной информации о состоянии электрооборудования с фиксацией отклонений от нормального режима работы;
- выявление отклонений в схемах подстанций и ликвидацию аварий в кратчайшие сроки;
- предупреждение возможных простоев оборудования и снижения времени на устранение аварийных режимов работы.

Для предупреждения возможных простоев электрооборудования, необходимо обеспечить ЦДП всеми видами ресурсов, принять меры по быстрому определению и ликвидации аварий в кратчайшие сроки (оперативно ввести резервное оборудование, соответственно перераспределить нагрузки и локализовать аварию). Для решения всех этих задач необходимо осуществлять функции оперативного учёта, контроля и регулирования всего процесса электроснабжения завода.

На сегодняшний день промышленность в области диспетчеризации связана с внедрением современных автоматизированных средств АСДУ, реализованных на основе современного микропроцессорного оборудования. Производители всего

					13.03.02.2020.112.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

мира предлагают различные варианты и интегрированные решения для обеспечения безаварийной работы предприятия с использованием микропроцессорных систем и средств связи, сетевых телекоммуникационных устройств и высокопроизводительных рабочих станций.

Целью выпускной квалификационной работы является повышение коэффициента готовности системы электроснабжения ООО «ЗМЗ».

В рамках поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- выбор архитектуры АСДУЭ;
- расчет токов короткого замыкания для аварийных режимов, выбор вида и типа защит элементов системы электроснабжения;
- разработка структурной и функциональной схем автоматизации;
- выбор оборудования для организации АСДУЭ;
- оценка технико-экономических показателей проекта;
- охрана труда на производстве.

Объект - диспетчерский пункт ООО «ЗМЗ».

Предмет - автоматизированная система диспетчерского управления электро-снабжением АСДУЭ ООО «ЗМЗ».

					13.03.02.2020.112.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ПЕРЕДОВЫХ ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ.

1.1 Автоматизированная система диспетчерского и технологического управления

Автоматизированная система диспетчерского управления электроснабжением – это система, предназначенная для автоматизации функций оперативно-диспетчерского управления электрическими подстанциями предприятия с целью повышения надежности работы электрооборудования и более экономичных процессов передачи и распределения электроэнергии.

Современные устройства автоматизации диспетчерских пультов построены на едином информационном комплексе, функций которого отслеживание, управление, регулировка релейной защиты и режимов работы электроустановки, телеизмерение.

На рисунке 1 приведен пример архитектуры системы АСДУЭ.

Нижний уровень	Подсистема цифровых измерительных преобразователей
	Подсистема телесигнализации и телеизмерений
	Подсистема телеуправления
Средний уровень	Подсистема сбора и передачи информации
Верхний уровень	Подсистема сбора и обработки информации
	Подсистема хранения информации
	Подсистема управления и представления информации
	Подсистема отображения

Рисунок 1 - Архитектура системы АСДУЭ

Автоматизированные системы диспетчерского управления электроснабжением состоят из интеллектуальных технических средств, которым присущи:

- небольшие размеры и многофункциональность;
- возможность дистанционно управлять включением и отключением оборудования, производить изменения и проверку уставок релейной защиты с пульта управления;
- определение аварийных ситуаций в кратчайшие сроки;
- постоянная самодиагностика оборудования и высокая надёжность системы в целом;
- регистрация и запоминание параметров аварийных режимов;
- фиксация срабатывания устройств релейной защиты, противоаварийной автоматики и дистанционная передача информации на компьютер диспетчера.

В настоящее время в условиях конкуренции различные разработчики АСДУЭ часто используют рекламу своей ещё разрабатываемой продукции. Чтобы выжить на современном рынке они продают оборудование, не доработанное или ещё не пущенное в производство, так как им приходится совершенствовать свои разработки, заимствуя друг у друга новые технологические решения. Приобретение такой промежуточной разработки грозит тем, что она может быстро сняться с производства, и в дальнейшем возможны трудности с её ремонтом, заменой некоторых блоков или деталей, потому что в связи с развитием производства происходит изменение конструктивных элементов и комплектующих.

Основные характеристики оборудования АСДУЭ:

- 1) Минимум 5 зон дистанционной защиты от всех видов коротких замыканий (КЗ), а также возможность их блокировки при различных неисправностях в цепях напряжения.
- 2) Наличие аварийных токовых защит, вводимых автоматически при неисправности цепей напряжения и блокировании дистанционной защиты;
- 3) Надёжность.
- 4) Драйверы устройства связи с объектом (УСО) и контроллеров, которые осуществляют поддержку конкретного оборудования, используемого в данной системе.
- 5) Наличие системы программирования контроллеров, которая позволит отлаживать систему, даже не имея реального устройства.
- 6) Наличие отладочных средств.
- 7) Отслеживание производительности в реальном времени.
- 8) Определение места повреждения на воздушной и кабельной линии.
- 9) Регистрация аварийных событий в режиме реального времени.
- 10) Контроль качества показаний трансформаторов тока и напряжения.
- 11) Измерение рабочих значений токов, напряжения, мощности, частоты, в амплитудных и средних значениях.
- 12) Контролирование работы выключателей, с регистрацией суммы токов отключения.

					13.03.02.2020.112.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

13) Простота и прозрачность настройки обмена информацией между отдельными узлами системы автоматизации.

14) Простота освоения.

Подробнее рассмотрим защиты, которые в настоящее время производятся серийно и уже находятся в эксплуатации во многих странах мира.

1.2 Сравнение отечественных и передовых зарубежных систем АСДУЭ

Производится сравнительный анализ устройств автоматизации одних из ведущих фирм в мире, к ним относятся цифровая подстанция швейцарской фирмы ABB Micro SCADA Pro, АСУТП и телемеханизация ПС на базе системы SICAM немецкой фирмы SIEMENS, цифровая подстанция КТС «Алгоритм» российской компании ЗАО «Алгоритм».

ABB (произносится Asea Brown Boveri) – это швейцарско-шведская корпорация, работающая в различных областях промышленности, таких как электротехника, энергетическое машиностроение и информационные технологии. Для энергообъектов фирма предлагает оборудование, системы защиты и автоматизации энергообъектов, решения по интеграции и автоматизации электросетей, сервисное обслуживание всех процессов - генерации, передачи и распределения электроэнергии.

Рассматривается оборудование фирмы ABB MicroSCADA Pro – это модульное масштабируемое программное решение для мониторинга и управления первичным и вторичным оборудованием на подстанциях в режиме реального времени. Поддерживает широкий диапазон различных протоколов связи, состоит из трех уровней: верхний, средний, нижний. К верхнему уровню относятся базовый сервер MicroSCADA с встроенным или отдельно стоящим сервером связи, графическая рабочая станция, а также периферийное офисное и специальное оборудование. Средний уровень состоит из процессоров связи, где осуществляется сбор информации и преобразование ее к единому виду для последующей обработки. Нижний уровень включает в себя терминалы (RTU) и устройства телемеханики, программируемые логические контроллеры (PLC), цифровые терминалы релейной защиты и автоматики, устройства контроля качества электроэнергии. Подсистема нижнего уровня объединяет оборудование всех уровней с помощью входящих в неё средств связи в единый информационно-вычислительный комплекс.

Siemens AG – немецкий конгломерат, работающий в области электротехники, электроники, энергетического оборудования, транспорта, медицинского оборудования и светотехники, а также специализированных услуг в различных областях промышленности, транспорта и связи.

Принцип построения системы SICAM фирмы Siemens – верхний, средний и нижний уровни. Нижний уровень АСУТП ПС состоит из устройства РЗА – SIPROTEC, измерительных преобразователей – SIMEAS, модулей ввода-вывода сигналов. Средний уровень включает в себя промышленный компьютер, встроенный графический контроллер и интерфейсы, резервное питание, осуществляет

					13.03.02.2020.112.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

контроль температуры и диагностику. Верхний уровень — это диспетчерское управление построен на компьютерной базе SICAM PAS, осуществляет локализацию визуализацию, архивацию и ведет журнал событий. Для коммуникации используется общепринятый протокол Ethernet и стандартное коммуникационное оборудование. В качестве среды передачи данных используется оптоволокно и/или витая пара, для монтажа которых требуется стандартное оборудование.

ЗАО «Алгоритм» - инженерная компания российского производства основанная для разработки и продвижения новых технических решений по автоматизации объектов электроэнергетики, нефтегазового комплекса, энергохозяйств промышленных предприятий, железнодорожного и электрического транспорта. Главными продуктами компании являются комплексные решения по автоматизации оперативно-диспетчерского и технологического управления, коммерческого и технического учета, контроля качества электроэнергии.

КТС «Алгоритм» выполняет измерение электрических параметров присоединений подстанции, учет электроэнергии и измерение показателей ее качества, контроль состояния основного оборудования и вспомогательных систем, управление аппаратами при оперативных переключениях, оперативно-информационное взаимодействие с автоматизированными системами диспетчерских центров. Состоит из нижнего, среднего и верхнего уровня. Нижний уровень состоит из цифровых измерительных преобразователей, осуществляет телесигнализацию, телеизмерение и телеуправление. Средний уровень состоит из программно-технического комплекса, осуществляет сбор и передачу информации. Верхний уровень компьютерное оборудования: ПК «ТелеСКАД» с базой данных стандарта SQL с функцией сбора обработки и хранения информации; ПК «KONTAKT 3W» управление и предоставление информации; оборудование со стандартным Web-браузером для отображения информации.

Сравнение функций систем осложняется в связи с их большим числом и возможностью вариантов использования характеристик в терминалах. Поэтому второстепенные характеристики и параметры настройки следует смотреть в заводской (фирменной) документации на изделия. Оценку систем будем производить по техническим и функциональным признакам, по критериям десятибалльной системы (1 – очень плохо, 10 – отлично). Результаты заносятся в таблицу 1.

Таблица 1 - Оценка производительности систем АСДУЭ

Критерии	ABB Micro SCADA	Siemens SICAM	ЗАО «Алгоритм» КТС
Дистанционные защиты	6,5	7,5	6
Аварийные токовые защиты	5	5,5	5
Надежность	6	7	5,5

Окончание таблицы 1

Критерии	ABB Micro SCADA	Siemens SICAM	ЗАО «Алгоритм» КТС
Драйверы устройства связи с объектом	10	8	4
Системы программирования контроллеров	8,5	8	6
Производительность в реальном времени	6,5	7,5	6
Отладочные средства	7	8	8,5
Определение места повреждения на линии	5	8,5	2,5
Регистрация аварийных параметров	7,5	8	6,5
Контроль цепей тока и напряжения	8	8	8
Контроль числа коммутаций выключателя	6,5	4	2,5
Простота освоения	6,5	7,5	7
Генерация отчетов	7,5	7	7
Простота и прозрачность настройки	7	8,5	7
Документация	6	8	6,5
Техническая поддержка	6	8	7
ИТОГО:	100,5	113	90,5

По графику "цена/качество", где по оси X отложены стоимостные значения, а по оси Y – взвешенные оценки производительности рисунок 2, определяются наиболее функциональные системы.

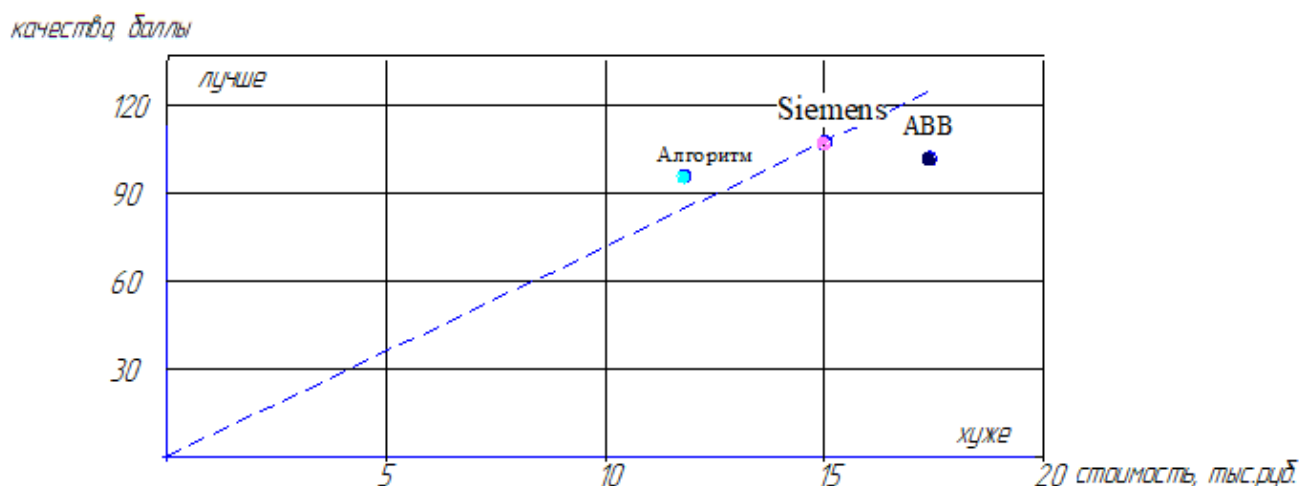


Рисунок 2 - Оценка АСДУЭ по критерию " цена/качество ".

По расположению систем в графике определяется наиболее функциональная система, в верхней части расположились высокофункциональные, в нижней са-

мые маломощные, в правой самые дорогие, а в левые дешевые системы. Siemens располагается на наклонной пунктирной линии, которая является линией среднего товара, система обладает средним соотношением "цена/качество".

Выводы по разделу один:

1) Выбрана система SICAM фирмы Siemens, она находится на высоком уровне и отвечает мировым требованиям, работает в энергетике, металлургии, нефтяной, газовой, химической и других отраслях промышленности.

2) На ООО «ЗМЗ» повсеместно установлено оборудование фирмы Siemens, персонал работает с оборудованием и программным обеспечением этой фирмы.

					13.03.02.2020.112.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

2 ВЫБОР АРХИТЕКТУРЫ АСДУЭ

2.1 Цель и задачи создания системы АСДУЭ

Цель создания системы АСДУЭ – обеспечить контроль и управление работой оборудования передачи и распределение электроэнергии, организация технического учёта электроэнергии, повышение надёжности работы электрооборудования и обеспечение экономии энергоресурсов.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- обеспечить информационный обмен в масштабе реального времени между всеми уровнями и подсистемами диспетчеризации;
- повысить надёжность и экономичность работы оборудования за счёт сокращения времени обнаружения неисправностей в результате постоянной диагностики и получения информации об аварийных отключениях и сбоях;
- увеличить производительности и улучшить качество труда персонала эксплуатирующего данное оборудование, за счёт более быстрого информирования о неисправностях и повышения качества передаваемой оперативной информации;
- установить оборудование для архивирования информации;
- обеспечить высокий уровень автоматизации для контроля и управления оборудованием за счёт использования современной микропроцессорной техники.

Выбранная система АСДУЭ подстанций на базе технических и программных средств Siemens включает в себя программные пакеты, контроллеры, сетевые технологии SIMATIC NET, сервера, АРМ операторов, станции распределенной периферии, промышленные ПК, панели оператора SIMATIC.

Основные функции необходимые для успешной работы системы АСДУЭ подразделяются на две группы: технологические и общесистемные.

К технологическим функциям необходимо отнести:

- сбор и первичная обработка аналоговых и дискретных сигналов;
- автоматизированное управление коммутационными аппаратами подстанций;
- осуществление оперативного контроля текущего режима работы оборудования и состояния схем подстанций;
- работа предупредительной и аварийной сигнализации, а также регистрация аварийных событий, произошедших с контролируемым оборудованием;
- технический учет электроэнергии;
- контроль качества электроэнергии;
- контроль над работой автоматической частотной разгрузки;
- передача информации по каналам телемеханики на диспетчерский пункт.

К общесистемным функциям необходимо отнести:

- синхронизация времени оборудования программно-технического комплекса (ПТК), а также его тестирование и самодиагностика;
- регистрация, архивирование и защита оперативной информации;
- возможность формирования отчётных документов;

					13.03.02.2020.112.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

- организация связи между компонентами АСДУЭ и передача информации смежным системам.

Оборудование необходимое для создания АСДУЭ делится на несколько уровней:

- полевой уровень (нижний уровень) - измерительные устройства, обеспечивающие сбор информации по присоединениям;
- коммуникационный уровень (средний уровень) - устройства (контроллеры телемеханики, концентраторы), выполняющие функции сбора и концентрации информации по ПС в целом, организации межуровневых коммуникаций, обеспечивают информационный обмен с удаленными центрами управления;
- уровень визуализации (верхний уровень) - средства хранения и представления информации.

Пример архитектуры АСУ ТП на оборудовании Siemens SICAM представлен на рисунке 3.

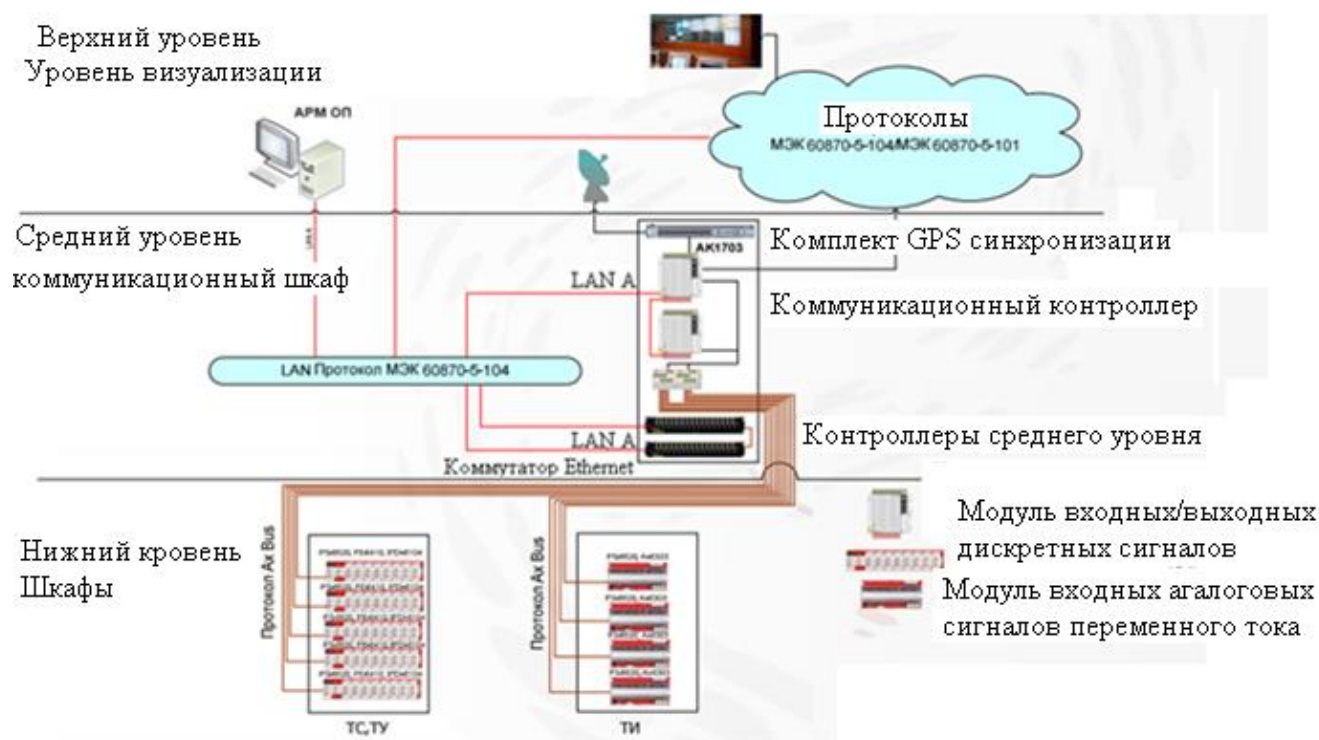


Рисунок 3 – Архитектура АСУ ТП на оборудовании Siemens SICAM

2.2 Выбор архитектуры нижнего уровня АСДУЭ

Нижний уровень, оборудование располагается на объекте, в непосредственной близости от коммутационного аппарата (КА) (т.е. на ОРУ, ЗРУ). На ОРУ устанавливаются специальные шкафы наружной установки подходящего климатического исполнения (шкафы сбора и первичной обработки информации). В шкафах располагаются модули ввода/вывода информации, посредством которых осуществляется сбор телесигнализации о положении КА и устройства выдачи управляющих

воздействий на пускатели/ замки электромагнитной блокировки соответствующих КА. Шкафы сбора информации объединяются в кольцевую структуру на базе ВОЛС затем по волоконным кабелям информация поступает на ОПУ.

Есть возможность использовать уже имеющиеся на ОРУ кабельные связи от каждого КА до сборного шкафа блокировки (существующие шкафы). Кабели прокладываются от вновь сооружаемых шкафов сбора информации до сборных шкафов блокировки (существующих). Так как эти шкафы находятся в непосредственной близости друг от друга, то объем закладываемых кабелей получается сравнительно небольшим, что уменьшает стоимость системы в целом.

На рисунке 4 показана архитектура описываемого решения.

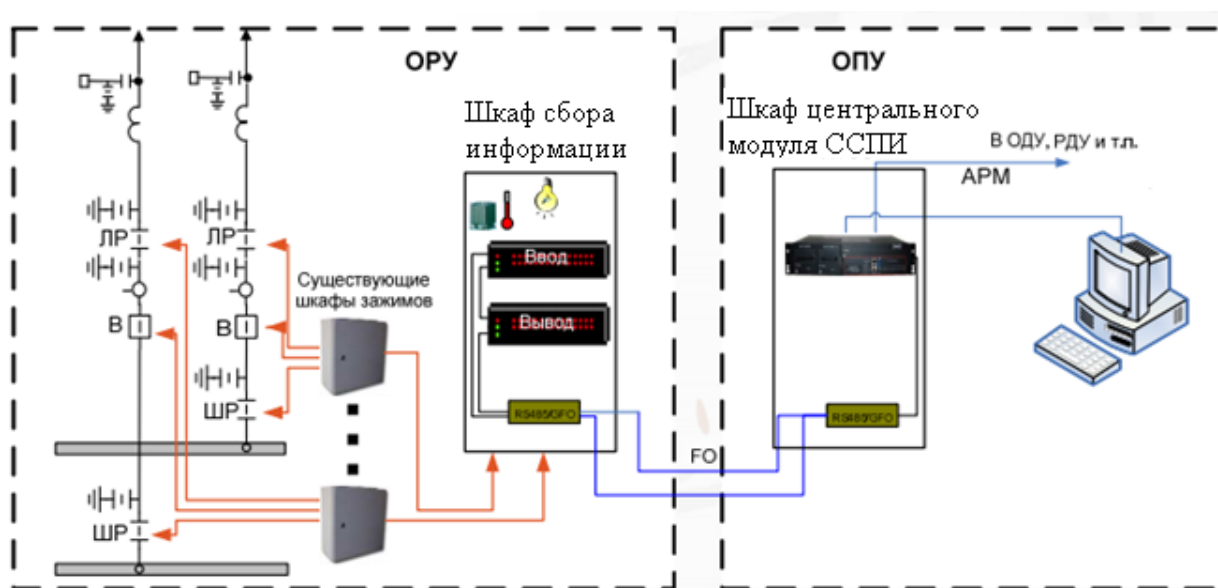


Рисунок 4 – Архитектура нижнего уровня

Основными приборами контроля работы оборудования подстанции являются аналоговые сигналы, передаваемые от первичных преобразователей, которыми являются трансформаторы тока (ТТ) и напряжения (ТН). В предлагаемой системе в качестве измерительных преобразователей применены устройства SIMEAS P, к которым приходит получаемая информация о токах и напряжениях от соответствующих ТТ и ТН. Контроль параметров оборудования осуществляет контроллер ТМ по измеренным и рассчитанным данным, полученным от измерительных преобразователей SIMEAS P по протоколу PROFIBUS DP. В контроллерах ТМ регистрируются все выходы параметров за граничные значения, полученная информация передается в системные серверы SICAM PAS по протоколу МЭК 60870-5-104.

Выбирается такое решение из-за сравнительно невысокой стоимости:

- нет необходимости в прокладке дополнительных кабелей между ОРУ и ОПУ;
- повышается надежность функционирования, так как множество последова-

- тельных контактов релейно-контакторной логики заменяются всего лишь одним контактом, формируемым на основании гибкой логики в контроллере;
- появляется возможность последующего масштабирования при минимальном количестве дополнительного прокладывания кабелей;
- обеспечивается наблюдаемость объекта управления с минимальными затратами.

2.3 Выбор архитектуры среднего уровня АСДУЭ

Средний уровень состоит из системных серверов SICAM PAS, сетевых коммутаторов, которые объединены в кольцо на базе Gigabit Ethernet и устройств синхронизации времени.

Архитектура среднего уровня показана на рисунке 5.

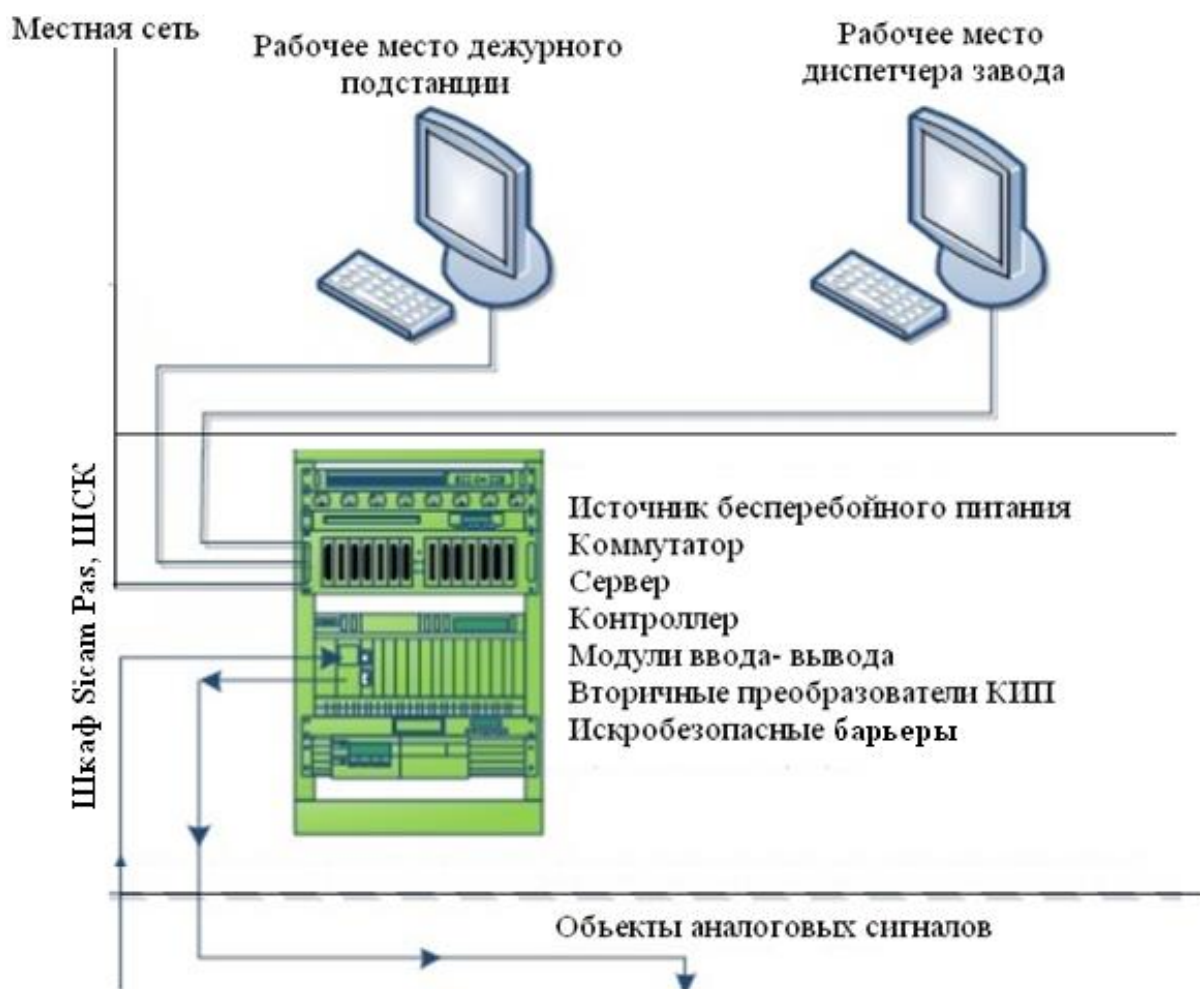


Рисунок 5 – Архитектура среднего уровня

На среднем уровне используются:

- шкаф сетевых коммутаторов (ШСК), который включает в себя сетевые коммутаторы для подключения в сеть АСДУЭ микропроцессорных терминалов РЗА,

контроллеров ТМ 1703 АСР, серверов, АРМ и других устройств. Шкафы ШСК располагают в серверных комнатах здания ГПП и РП-6кВ цехов, в них также размещают устройства синхронизации времени типа SICLOCK TC-400.

- шкаф SICAM PAS включает в себя системные серверы на базе компьютеров промышленного исполнения SIMATIC PC. Серверы SICAM PAS осуществляют сбор информации по различным протоколам от устройств нижнего уровня, производят выдачу сигналов управления и передачу всей полученной информации в SCADA-систему WinCC и на диспетчерский пульт управления.

Программное ядро SICAM PAS производит автоматическую настройку, отладку и диагностику системы, контролирует сбор данных и преобразования протоколов, а также является программным комплексом для управления технологическим процессом (OPC-сервером). При необходимости ядро системы может дополняться: коммуникационными драйверами для протоколов МЭК 61850, МЭК 60870-5-101/103/104, PROFIBUS DP/ FMS, Modbus, OPC-клиентом и виртуальным контроллером.

Регистрацию измерительной информации, а также ее передачу на верхний уровень в диспетчерское управление обеспечивают драйверы протоколов передачи данных и OPC в режиме реального времени.

Системный сервер выполняет функции обработки данных, получаемых от оптических систем сопряжения УСО, передачу этих данных в управляющий сервер верхнего уровня. В состав АСДУЭ входит подсистема синхронизации времени – основной и резервный комплекты. Устройства синхронизации времени являются NTP-серверами (NTP – Network Time Protocol) и обладают четырьмя интерфейсами для подключения в сеть.

2.4 Выбор архитектуры верхнего уровня АСДУЭ

К устройствам верхнего уровня программно-технических средств АСДУЭ относятся средства передачи, хранения, архивирования и представления информации, Web-серверы и Web-клиенты, АРМ диспетчера. Сеть верхнего уровня обеспечивает взаимодействие между серверами и клиентами, входящими в управляющий центр завода. Сетевой маршрутизатор подключается к этой сети и служит для связи с внешней сетью предприятия. Сеть построена по такому же принципу, что и сети нижнего и среднего уровня. Архитектура верхнего уровня показана на рисунке 6.

В управляющие серверы верхнего уровня входят сервер SCADA, сервер баз данных, Web-сервер, они объединены между собой в локальную сеть (типа Gigabit Ethernet). Для обеспечения надежности основные комплекты этих серверов располагаются в оборудованном здании управления завода (ЦЛАП), а резервные – в здании ГПП завода 110, 35кВ.

					13.03.02.2020.112.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

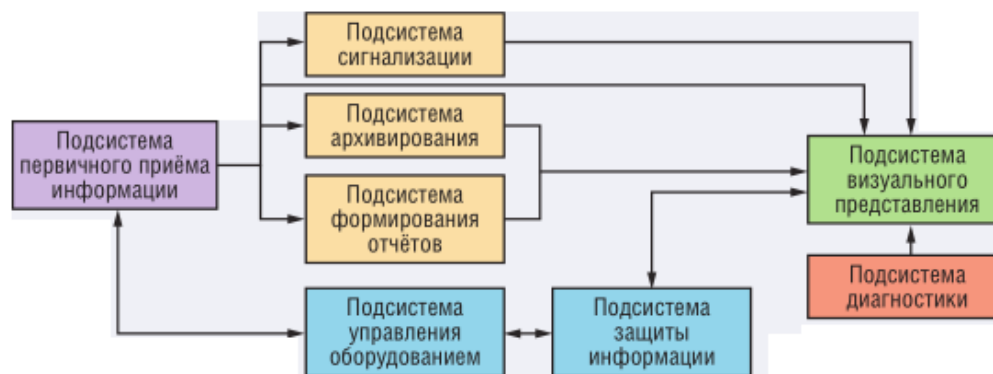


Рисунок 6 – Архитектура верхнего уровня

В состав АСДУЭ ООО «ЗМЗ» войдут автоматизированные рабочие места оперативного персонала (5 АРМ – расположены на оперативных щитах подстанций, АРМ РЗА, и АРМ диспетчера завода). АРМ состоят из стационарных компьютеров, установленных в соответствующих помещениях, где располагается данный персонал.

Для обеспечения доступа к технологической информации на подстанциях применены панели сигнализации с визуальным отображением информации, на каждой из которых устанавливается программное обеспечение, необходимое для работы Web-клиента. Источником информации для Web-клиентов будут данные на основном и резервном сервере вычислительной системы, выполняющий сервисные (обслуживающие) функции по запросу клиента, предоставляя ему доступ к определённым ресурсам или услугам (Web-серверов), которые устанавливаются в шкафах SICAM PAS. При выходе строя одного из Web-серверов предусматривается резервирование, т.е. все Web-клиенты автоматически переключаются на доступный сервер.

Выводы по разделу два:

1) На базе оборудования Siemens SICAM выбрана архитектура для создания АСДУЭ ООО «ЗМЗ» состоящая из: нижнего уровня - микропроцессорная техника на оперативных щитах подстанций, среднего уровня - АРМ РЗА и верхнего уровня - АРМ диспетчера завода.

2) Сеть типа Gigabit Ethernet на базе сетевых коммутаторов (ШСК) и SICAM PAS с протоколами МЭК 60870-5-104 обеспечивает информационный обмен в масштабе реального времени между всеми уровнями и подсистемами диспетчеризации.

3 РАСЧЕТ И ВЫБОР АППАРАТОВ ЗАЩИТЫ

3.1 Краткий анализ электроснабжения ООО «ЗМЗ»

Электроснабжение Златоустовского металлургического завода (ЗМЗ) осуществляется с ПС Златоуст-500 питание приходит по ВЛ 110 кВ на главные понижительные подстанции (ГПП) ЗМЗ-3, ЗМЗ-4, ЗМЗ-6 и резервного ввод по ВЛ 35кВ с ПС Таганай на ГПП ЗМЗ-2. ПС ЗМЗ-1 и ПС ЗМЗ-2 35/6 кВ получает питание от ПС ЗМЗ-4 по ВЛ 35кВ.

Два сталеплавильных (ЭСЩ-2, ЭЩЩ-3) и молотовый цех запитаны от ПС ЗМЗ-4 110/35/6 кВ по кабельным линиям 6кВ через ПС-38 и ЦРП-44. Кислородная станция получает питание с ПС ЗМЗ-3 110/6кВ по кабельным линиям 6кВ. Прокатные цеха, а также термокалибровочный цех запитаны с ПС ЗМЗ-6 110/10/6 кВ по кабельным линиям 10 и 6кВ. ПС ЗМЗ-2 является главным резервом для всех ПС ООО «ЗМЗ». Насосные и котельная станции получают питание по кабельным линиям 6кВ с ПС ЗМЗ-1, она является центральной электростанцией.

Все ГПП ООО «ЗМЗ» обеспечивают распределение электроэнергии по кабельным линиям 6кВ по всем заводским РП и трансформаторным подстанциям. И далее через них – по высоковольтным потребителям, а также потребителям пониженного напряжения 10/0,4, 6/0,4 кВ. Основным технологическим оборудованием ПС, которое требует диспетчерского контроля и управления, является коммутирующая аппаратура (высоковольтные масляные и вакуумные выключатели).

Основные защиты кабельных линий, предусмотренные на подстанциях:

- максимально токовая защита линий от коротких замыканий (МТЗ);
- максимально токовая отсечка (ТО);
- защита от замыканий на землю (ЗЗ).

На силовых трансформаторах подстанций предусмотрено три основные защиты на отключение оборудования: максимальная токовая (МТЗ), дифференциальная (ДЗТ), газовая (ГЗ). Также на трансформаторах выполнена защита от перегрузки и охлаждения трансформатора, которая работает на сигнал.

На оперативных щитах подстанций завода выведена сигнализация, оповещающая о состоянии устройств релейной защиты и автоматики, а также источниках оперативного тока, в качестве которого выступают аккумуляторные батареи.

На головных подстанциях завода имеется постоянный дежурный персонал, который следит за состоянием оборудования, положением коммутационной аппаратуры и показаниями приборов. Персонал подстанций осуществляет только эксплуатационное обслуживание и текущий ремонт электрооборудования до 1000В. Остальные работы по ремонту и наладке высоковольтного оборудования осуществляются централизованно в специальных мастерских специализированной ремонтной бригадой.

В таблице 2 представлено количество отходящих высоковольтных линий 10, 6кВ обеспечивающие питанием основные цеха ООО «ЗМЗ».

					13.03.02.2020.112.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

Таблица 2 - Отходящие высоковольтные линии подстанции завода

Наименование подстанции	Напряжение, кВ	Количество цепей
ПС ЗМЗ – 4 – потребители 35кВ	35	2
ПС ЗМЗ – 4 – потребители 6кВ	6	16
ПС ЗМЗ – 6 – потребители 10кВ	10	1
ПС ЗМЗ – 6 – потребители 6кВ	6	22
ПС ЗМЗ – 3 – потребители 6кВ	6	20
ПС ЗМЗ – 2 – потребители 35кВ	35	2
ПС ЗМЗ – 2 – потребители 6кВ	6	12
ПС ЗМЗ – 1 – потребители 35кВ	35	2
ПС ЗМЗ – 1 – потребители 6кВ	6	25
ЦРП - 44 – потребители 6кВ	6	25
ПС 38 – потребители 6кВ	6	31

Учётная и отчётная информация поступает периодически (раз в смену, в сутки, по мере необходимости) и предоставляется диспетчеру по требованию.

На основании этих данных диспетчер завода дает указания, направленные на:

- ликвидацию аварийных ситуаций,
- в случае возникновения необходимости вводит ограничения отдельных видов энергии,
- определяет порядок и отключения электрооборудования и дает соответствующее указание персоналу подстанций.

Диспетчер завода контролирует выполнение оперативных переключений в электроустановках и оперативно информирует установленный круг лиц о состоянии оборудования.

3.2 Исследование систем АСДУЭ на повышение коэффициента готовности

Для металлургического завода важно надежное и качественное электроснабжение. 70 % всех аварий происходит из-за износа электрооборудования, почти 40 % оборудования нуждается в реконструкции, так как на их ремонт не хватает средств.

Кабельные и воздушные линии напряжением 6, 10 и 35 кВ создаются с многократным резервированием. Аппараты защиты и коммутации устанавливаются на

основных линиях. Порядка 80% повреждений, возникающих на линиях, устраняются путем многократного повторного включения линии (АПВ), но на подстанциях завода в основном установлены масляные выключатели поэтому АПВ не используется. И в случае отключения фидера от защиты его повторное включение невозможно, так как время на определения места повреждения и его устранения может достигать нескольких часов. Бригада устраняющая повреждение работает по восьмичасовому графику и ее вызов в ночные часы занимает много времени с привлечением большого количества техники.

Для повышения надежности электроснабжения потребителей применяется автоматизация подстанций на базе интеллектуальных систем, позволяющих быстро определить место повреждения и в кратчайшие сроки устранить проблему.

Система АСДУЭ позволит автоматически и мгновенно выделять только поврежденный участок сети, фиксация изменений происходит автоматически, что исключает ошибочные действия со стороны оперативного персонала, сеть при этом становится автоматизированной и управляемой, а потребителям наносится минимальный ущерб. Надежность электроснабжения при этом увеличивается за счет уменьшения недоотпуска электрической энергии, количества и длительности отключения потребителей, перерыв в электроснабжении потребителей сократится более чем в два раза.

Соответственно основной экономической эффект – снижение времени простоя оборудования связанных с перерывом в электроснабжении.

Расчет среднего времени отключения одного потребителя в системе производится по формуле:

$$t_{\text{отк}} = \frac{\sum_{i=1}^n (r_i \cdot N_i)}{N_T},$$

где N_i – количество потребителей в системе, где был перерыв в электроснабжении;

r_i – время перерыва(i), в часах;

N_T – общее количество потребителей в системе.

Расчет эквивалентной частоты отключений на одного потребителя в течении определенного периода времени производится по формуле:

$$t_{\text{откч}} = \frac{\sum_{i=1}^n N_i}{N_t},$$

где i – число перерывов, от 1 до n ;

N_i – количество потребителей в системе, с перерывом в электроснабжении;

N_t – общее количество потребителей в системе.

Расчет надежности оборудования производится по формулам:

Количество отключений одного или группы потребителей фидера, откл./год:

$$\omega_n = 0,01 \cdot \omega_0 \cdot L,$$

					13.03.02.2020.112.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

где ω_0 – удельная частота повреждений на 100 км линии в год;

L – длина участка линии, к которому подключен потребитель, км.

Длительность перерывов электроснабжения потребителей одного фидера:

$$T_{\Pi} = \omega_{\Pi} \cdot T,$$

где ω_{Π} – количество отключений потребителя или группы потребителей, откл./год;

T – среднее время восстановления одного устойчивого повреждения, ч.

Время восстановления нормального электропитания потребителя равно 6 часов.

Величина недоотпуска электрической энергии потребителям рассчитывается по формуле:

$$\Delta W_{\text{HO}} = \omega_{\Pi} \cdot T \cdot P_{\text{нагр}},$$

где $P_{\text{нагр}}$ – активная мощность нагрузки подстанции, кВт.

$$P_{\text{нагр}} = S_{\text{НОМ}} \cdot \cos \varphi \cdot K_3,$$

где $S_{\text{НОМ}}$ – номинальная мощность подстанции, кВА;

$\cos \varphi$ – коэффициент мощности;

K_3 – коэффициент загрузки.

Суммарный годовой недоотпуск электрической энергии кВт·ч/год:

$$\Delta W_{\text{НОМ}} = \sum_{i=1}^n \Delta W_{\text{HOi}},$$

$$\Delta W_{\text{HOi}} = \omega_{\text{Пуч}} \cdot T \cdot P_{\text{нагр}},$$

где W_{HOi} – годовой недоотпуск электроэнергии i -го потребителя, кВт·ч/год

$\omega_{\text{Пуч}}$ – количество отключений группы потребителей на данном участке, откл./год

T – среднее время восстановления одного устойчивого повреждения на данном участке, ч;

$P_{\text{нагр}}$ – активная мощность потребителя, кВт.

Рассчитывается количество отключений и длительность перерывов электроснабжения одного фидера, величина затрат на поиск и локализацию повреждений, а также величина недоотпуска электрической энергии.

Проверяемый участок находится на ПС ЗМЗ-4 110/35/6кВ. Это участок цепи часто повреждается и много времени тратится на его восстановление. Так как работы по локализации, поиску и выделению поврежденного участка выполняются вручную методом последовательных переключений, количество отключений фидера и время восстановления электроснабжения объекта увеличивается, что приводит к материальным издержкам.

					13.03.02.2020.112.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

Берется количество отключений фидеров 35кВ браз в год, а линий 6кВ 16 раз в год.

Рассчитывается коэффициент загрузки потребителей 6кВ:

$$K_{з1} = \frac{I_{\text{потр}}}{I_{\text{НОМ}}} = \frac{S_{\text{потр}}}{S_{\text{НОМ}}} = \frac{\sqrt{3} \cdot 6 \cdot 12}{2180} = 0,1.$$

Рассчитывается коэффициент загрузки потребителей 35кВ:

$$K_{з2} = \frac{I_{\text{потр}}}{I_{\text{НОМ}}} = \frac{S_{\text{потр}}}{S_{\text{НОМ}}} = \frac{\sqrt{3} \cdot 35 \cdot 12}{1463} = 0,5$$

Поскольку коэффициент каждого потребителя неизвестен, то принимаем, что все потребители фидера загружены равномерно.

Удельная повреждаемость одного фидера на 100 км рассчитывается по формуле:

$$\omega_{02} = \frac{n_{\text{откл}} \cdot 100}{L} = \frac{6 \cdot 100}{75,69} = 7,93 \text{ откл/100км,}$$

$$\omega_{02} = \frac{n_{\text{откл}} \cdot 100}{L} = \frac{16 \cdot 100}{33,925} = 47,16 \text{ откл/100км.}$$

Результаты расчетов внедрения системы АСДУЭ представлен в таблице 3

Таблица 3 – Результаты внедрения системы АСДУЭ

Год	параметры	ПС ЗМЗ-4	ПС ЗМЗ-6	ПС ЗМЗ-3	ПС ЗМЗ-1	ПС ЗМЗ-2	ЦРП - 44	ПС 38	ТП 6кВ
До внедрения	ω, откл/год	6	6	6	6	6	16	16	16
	T, ч/год	39	39	39	39	39	163,2	163,2	163,2
	W _{но} , кВтч/год	37001,4							
2020	ω, откл/год	0,57	1,28	2,23	2,23	2,84	10,42	6,23	5,6
	T, ч/год	1,86	4,16	7,24	9,23	11,4	60,3	35,1	31,4
	W _{но} , кВтч/год	6670,3							
2021	ω, откл/год	0,57	1,3	1,5	2,3	2,3	4,83	2,7	623
	T, ч/год	1,86	4,2	4,6	7,4	7,4	24,6	8,9	31,77
	W _{но} , кВтч/год	5039,22							
2022	ω, откл/год	1,28	1,28	1,26	2,27	2,27	1,74	3,85	6,23
	T, ч/год	4,16	4,16	4,06	7,4	7,4	8,9	20,3	31,77
	W _{но} , кВтч/год	4114,6							

Система АСДУЭ повысит надежность электроснабжения завода, снизит текущие издержки на восстановление системы питания объектов с помощью управления аварийными режимами.

Сравнение количества отключений потребителей до и после внедрения систем АСДУЭ представлено на рисунке 7.

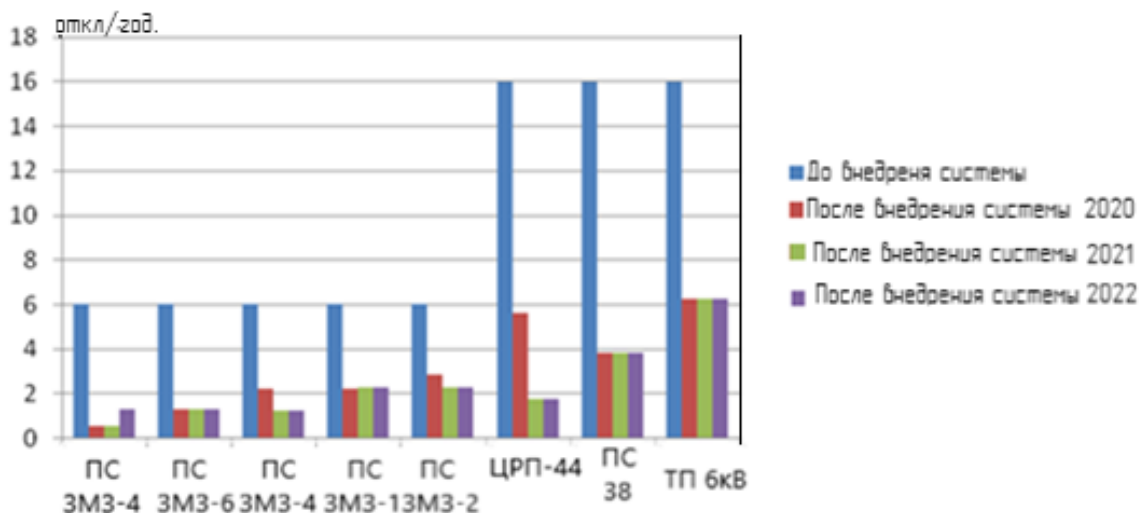


Рисунок 7 – Сравнение количества отключений

Количество отключений после внедрения системы в эксплуатацию сократится в три раза.

На рисунке 8 сравниваются длительности отключений потребителей до и после внедрения системы АСДУЭ.

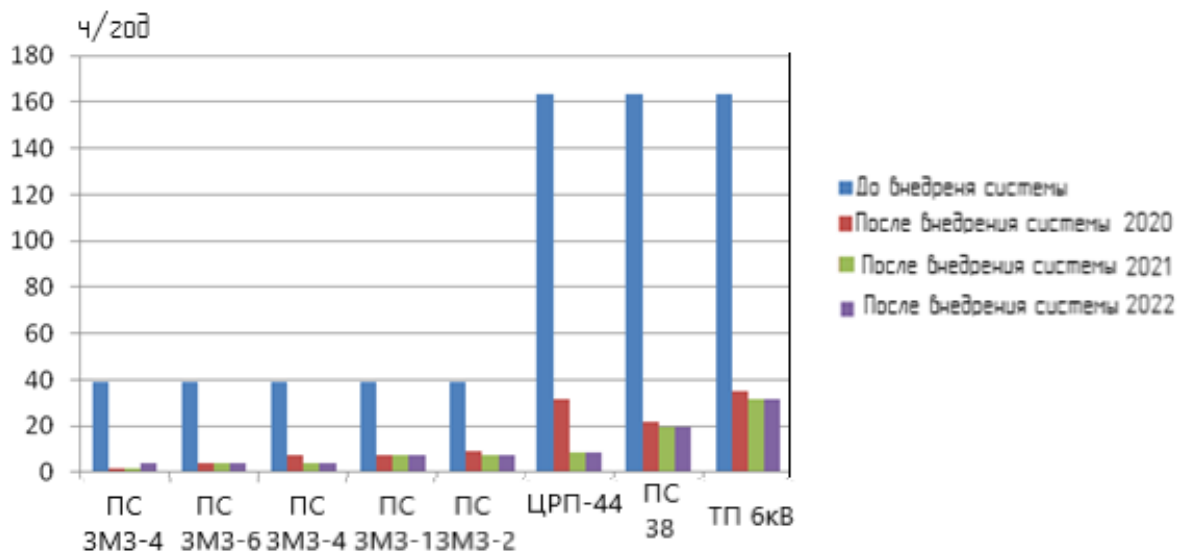


Рисунок 8 – Сравнение длительности отключений

Длительность отключений сократится в 5 раз после внедрения системы АСДУЭ
Сравнение недоотпуска электрической энергии после внедрения системы АСДУЭ (рисунок 9).

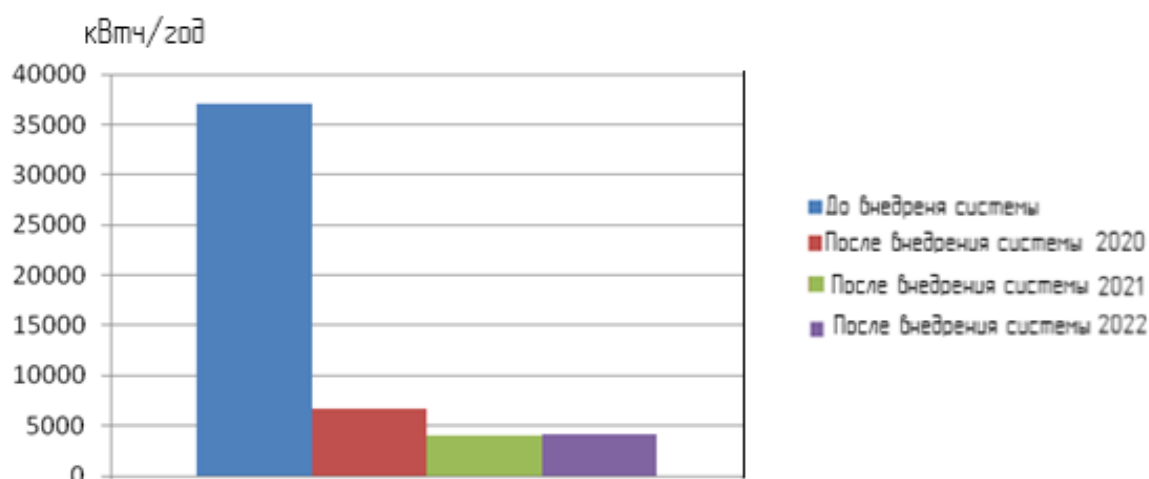


Рисунок 9 – Сравнение недоотпуска электроэнергии объектам электроснабжения

После внедрения системы АСДУЭ недоотпуск электроэнергии объектам электроснабжения сократится в 7 раз.

По результатам расчета таблица 3 и учтя что показатели T и ω взяты для годового периода, можно рассчитать коэффициент готовности системы АСДУЭ в зависимости от среднего время и частоты отключений потребителя (рисунок 10, 11).

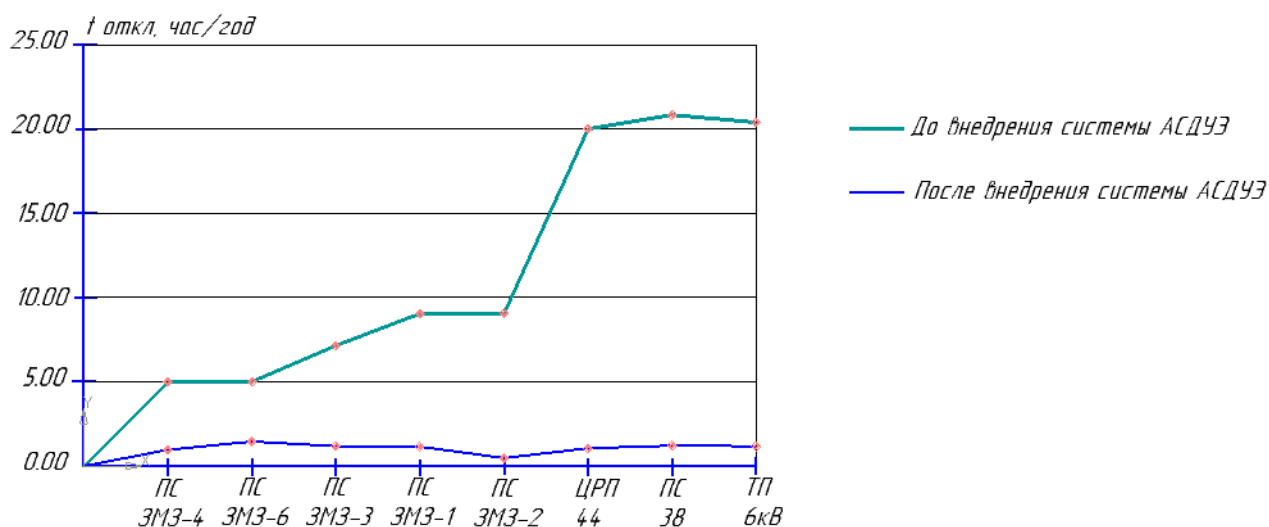


Рисунок 10 – Сравнение времени отключений потребителей

Проанализировав данные расчетов, можно также отметить, что наиболее низкие коэффициенты времени и частоты отключений были получены до внедрения системы АСДУЭ.

Внедрение системы АСДУЭ позволит значительно сократить объём возможных ущербов для всего оборудования завода, повысит надежность электроснабжения всех потребителей, позволит сократить эксплуатационные издержки.

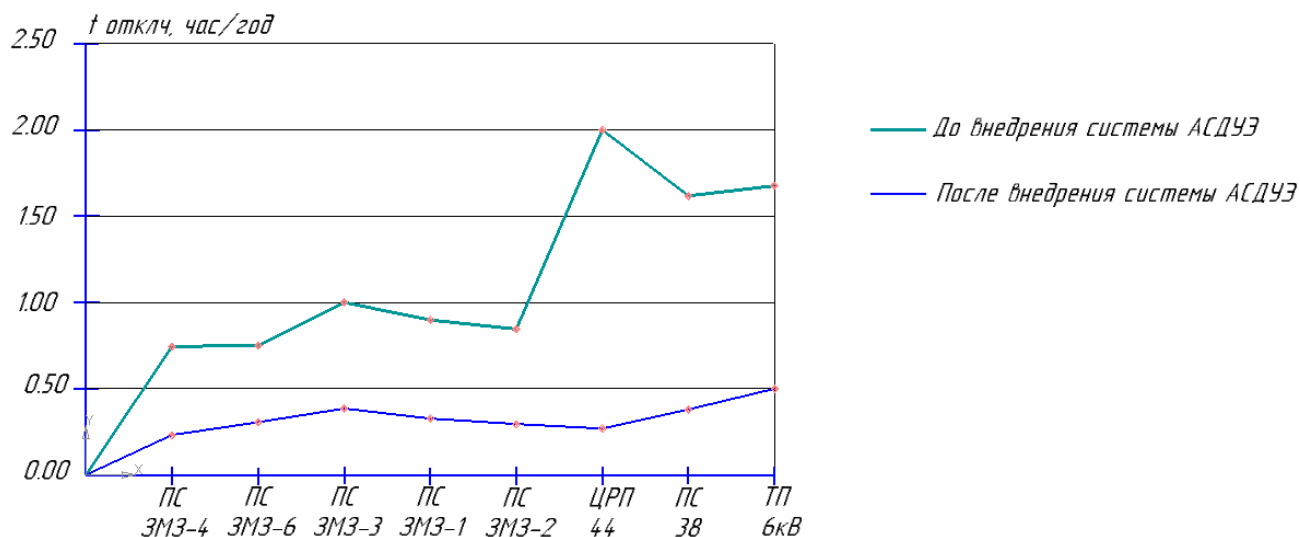


Рисунок 11 – Сравнение частоты отключений потребителей

Коэффициент готовности системы АСДУЭ рассчитывается по формуле:

$$K_g = \frac{t_{ш}}{t_{ш} + t_p},$$

где $t_{ш}$ – суммарное время исправной работы объекта;
 t_p – суммарное время вынужденного простоя.

Расчет коэффициент готовности до внедрения системы АСДУЭ:

$$K_g = \frac{8760}{8760 + 1189} = 0,88.$$

Расчет коэффициент готовности после внедрения системы АСДУЭ:

$$K_g = \frac{8760}{8760 + 144} = 0,984.$$

В результате расчетов получили увеличение коэффициента готовности на подстанциях заводам с установкой системы АСДУЭ в среднем на 11%.

3.3 Определение расчетных электрических нагрузок потребителей ООО «ЗМЗ»

В отделе АСКУЭ ООО «ЗМЗ» была мною получена сводная ведомость электрических нагрузок за 20 февраля 2020 года. В ведомость были указаны показания активных и реактивных счетчиков, снятые в течение 24 часов в режим макси-

мальных нагрузок ГПП по потребителям 10, 6кВ. Средние показания счетчиков за сутки преобразуем в мощность и сведем их в таблицу 4, учитывая, что:

$$\frac{P_{лет}}{P_{зим}} \cong 1$$

Таблица 4 - Данные активной и реактивной мощности на ПС

Наименование подстанции	P, кВт	Q, кВАр
ПС ЗМЗ – 4 – потребители 6кВ	5810,3	5790,3
ПС ЗМЗ – 6 – потребители 10кВ	2177,5	2175,7
ПС ЗМЗ – 6 – потребители 6кВ	6360,0	6320,6
ПС ЗМЗ – 3 – потребители 6кВ	1197,9	1135,2
ПС ЗМЗ – 2 – потребители 6кВ	1208,0	1176,0
ПС ЗМЗ – 1 – потребители 6кВ	5208,0	5176,0
ЦРП - 44 – потребители 6кВ	3490	3499,8
ПС 38 – потребители 6кВ	2597,2	2591,3
Итого:	28048,9	27894,9

Строится график нагрузки исходя из полученных данных, ориентируясь на продолжительность зимнего и летнего периода для уральского региона. Годовой график полной мощности продолжительности нагрузок по убыванию максимумов изображен на рисунке 12.

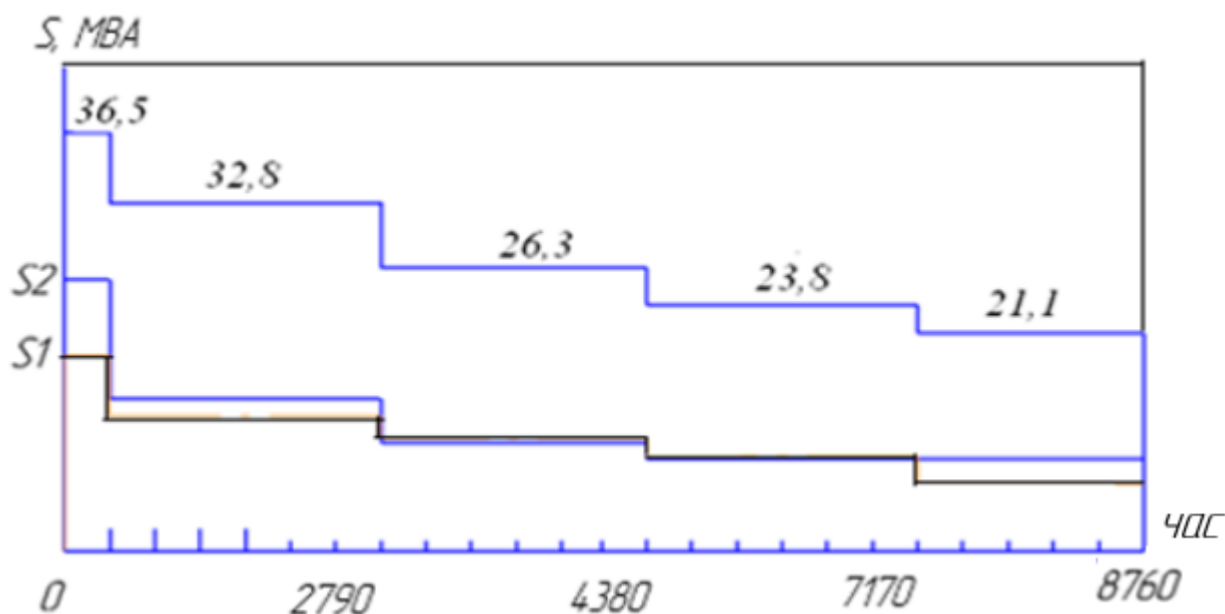


Рисунок 12 – Годовой график продолжительности нагрузок

3.4 Расчет токов короткого замыкания

Короткое замыкание – это замыкание, при котором токи в электрической сети резко возрастают, превышая наибольший допустимый ток. Расчет токов короткого замыкания необходим для выбора электрооборудования и проверки этого оборудования на стойкость к токам КЗ.

На рисунке 13 изображена расчетная схема для определения токов КЗ в электроустановке.

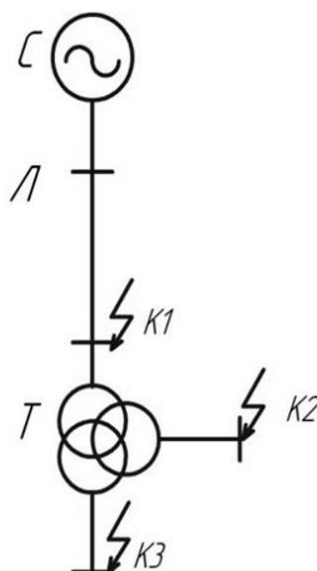


Рисунок 13 – Расчетная схема электроустановки

На основании расчетной схемы электроустановки составим эквивалентную схему замещения (рисунок 14).

По эквивалентной схеме замещения рассчитывается сопротивления всех элементов системы в относительных единицах:

$$X_c = \frac{S_б}{S_к},$$

где $S_б$ - базисную мощность, примем равной 100МВА;
 $S_к$ – мощность короткого замыкания.

$$X_c = \frac{100}{2500} = 0,04.$$

Рассчитывается сопротивления всех элементов линии электропередач в относительных единицах:

					13.03.02.2020.112.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

$$X_{л} = \frac{X_{уд}}{2} \cdot l \cdot \frac{S_{б}}{U_{ср}^2},$$

где $X_{уд}$ – удельное сопротивление линии в относительных единицах;

l – длина линии, км;

$U_{ср}$ – среднее напряжение линии, В.

$$X_{л} = \frac{0,4}{2} \cdot 30 \cdot \frac{0,04}{115^2} = 5,217.$$

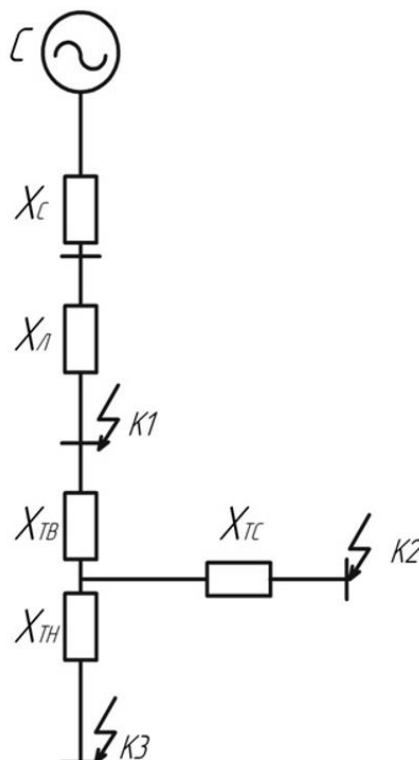


Рисунок 14 – Эквивалентная схема замещения электроустановки

Рассчитывается сопротивление всех элементов трансформатора в относительных единицах:

- по высокой стороне

$$X_{ТВ} = \frac{U_{кв}}{100} \cdot \frac{S_{б}}{S_{ТНОМ}},$$

где $U_{кв}$ – напряжение короткого замыкания по высокой стороне;

$S_{ТНОМ}$ – номинальная мощность трансформатора.

$$X_{ТВ} = \frac{10,5}{100 \cdot 2} \cdot \frac{100}{25} = 0,215.$$

- по средней стороне

$$X_{ТС} = \frac{U_{КС}}{100} \cdot \frac{S_6}{S_{ТНОМ}},$$

где $U_{КС}$ – напряжение короткого замыкания по средней стороне.

$$X_{ТС} = \frac{0}{100} \cdot \frac{100}{25} = 0.$$

- по низкой стороне

$$X_{ТН} = \frac{U_{КН}}{100} \cdot \frac{S_6}{S_{ТНОМ}},$$

где $U_{КН}$ – напряжение короткого замыкания по средней стороне.

$$X_{ТС} = \frac{6,25}{100 \cdot 2} \cdot \frac{100}{25} = 0,125.$$

Рассчитывается результирующее сопротивление в точке К1:

$$X_{\Sigma К1} = \frac{X_C + X_L \cdot (X_{ТВ} + X_{ТН})}{X_C + X_L + X_{ТВ} + X_{ТН}},$$

$$X_{\Sigma К1} = \frac{0,04 + 5,217 \cdot (0,215 + 0,125)}{0,04 + 5,217 + 0,215 + 0,125} = 0,319.$$

По полученным данным находится базисный ток в точке К1:

$$I_{61} = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_{ср}},$$

$$I_{61} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 115} = 0,502 \text{ кА.}$$

Рассчитывается действующее значение периодической составляющей тока КЗ на начальный момент времени в точке К1:

$$I_{по1} = \frac{E_6''}{X_{\Sigma К1}} \cdot I_{61},$$

					13.03.02.2020.112.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

где E_6'' – приведенное значение базового ЭДС, равное 1.

$$I_{\text{по1}} = \frac{1}{0,319} \cdot 0,502 = 1,572 \text{ кА.}$$

Определяется значение ударного тока КЗ в точке К1:

$$i_{\text{уд1}} = \sqrt{2} \cdot I_{\text{по1}} \cdot k_{\text{уд1}},$$

где $k_{\text{уд1}}$ – ударный коэффициент в точке К1, для времени 0,01с.

$$i_{\text{уд1}} = \sqrt{2} \cdot 1,572 \cdot 1,95 = 4,335 \text{ кА.}$$

Для расчёта тока КЗ в точке К2, найдем результирующее сопротивление в точке К2:

$$X_{\Sigma \text{К2}} = X_c + X_l + X_{\text{ТВ}} = 0,04 + 5,217 + 0,215 = 5,472.$$

Определяется базисный ток в точке К2 по формуле:

$$I_{62} = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ср}}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 5,499 \text{ кА.}$$

Находится действующее значение периодической составляющей тока КЗ на начальный момент времени в точке К2 по формуле:

$$I_{\text{по2}} = \frac{E_6''}{X_{\Sigma \text{К2}}} \cdot I_{62} = \frac{1}{5,472} \cdot 5,499 = 1,005 \text{ кА.}$$

Определяется значение ударного тока КЗ в точке К2:

$$i_{\text{уд2}} = \sqrt{2} \cdot I_{\text{по2}} \cdot k_{\text{уд2}},$$

где $k_{\text{уд2}}$ – ударный коэффициент в точки К2, для времени 0,01с.

$$i_{\text{уд1}} = \sqrt{2} \cdot 1,005 \cdot 1,95 = 2,771 \text{ кА.}$$

Расчёт ток КЗ в точке К3, начнем с определения результирующего сопротивление в точке К3:

					13.03.02.2020.112.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

$$X_{\Sigma K2} = X_c + X_l + X_{ТВ} + X_{ТН} = 0,04 + 5,217 + 0,215 + 0,125 = 5,597.$$

Определяется базисный ток в точке К3 по формуле:

$$I_{б3} = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_{ср}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 91,8 \text{ кА.}$$

Находится действующее значение периодической составляющей тока К3 на начальный момент времени в точке К3 по формуле:

$$I_{по3} = \frac{E_6''}{X_{\Sigma K3}} \cdot I_{б3} = \frac{1}{5,597} \cdot 91,8 = 11,59 \text{ кА.}$$

Определяется значение ударного тока К3 в точке К3:

$$i_{уд3} = \sqrt{2} \cdot I_{по2} \cdot k_{уд3},$$

где $k_{уд3}$ – ударный коэффициент в точки К3, для времени 0,01с.

$$i_{уд1} = \sqrt{2} \cdot 11,59 \cdot 1,8 = 29,5 \text{ кА.}$$

В сетях 110 кВ рассчитывается однофазные и двухфазные короткие замыкания на землю. Для расчета несимметричных токов КЗ необходимы сопротивления прямой, обратной и нулевой последовательности. Рассмотрим однофазное КЗ для которого необходимо определить обратное и нулевое сопротивления. Принимаем что сопротивление обратной последовательности равно сопротивлению прямой последовательности.

Рассчитывается однофазное КЗ для точки К1:

$$X_{\Sigma 1} = X_{\Sigma 2}$$

Производится расчет сопротивления нулевой последовательности по формуле:

$$X_{\Sigma 0} = \frac{X_l \cdot (X_{ТВ} + X_{ТН})}{X_l + X_{ТВ} + X_{ТН}},$$

где $X_{ТВ}$ - сопротивление трансформатора по высокой стороне;

$X_{ТН}$ - сопротивление трансформатора по низкой стороне;

X_l - сопротивление линии.

					13.03.02.2020.112.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

$$X_{\Sigma 0} = \frac{24,5 \cdot (0,215 + 0,125)}{24,5 + 0,215 + 0,125} = 0,335 \text{ кА.}$$

Определяется КЗ в точки К1 по формуле:

$$I_K^{(1)} = \frac{E_*''}{X_{\Sigma K1} + \Delta X^{(1)'}}$$

где E_*'' – эквивалентная ЭДС;

$X_{\Sigma K1}$ - результирующее реактивное сопротивление схемы относительно точки КЗ;

$\Delta X^{(1)}$ - сопротивление в точки короткого замыкания К1.

$$I_K^{(1)} = \frac{1}{0,319 + 0,319 + 0,335} = 1,072 \text{ кА.}$$

Определяется действующее значение периодической составляющей тока КЗ на начальный момент времени в точке К1:

$$I_{по1} = m^{(1)} \cdot I_K^{(1)} \cdot I_{б1},$$

где m – коэффициент, значение которого зависит от вида КЗ;

$$I_{по1} = 3 \cdot 1,027 \cdot 0,502 = 1,546 \text{ кА.}$$

Рассчитывается ударный ток КЗ в точке К1 по формуле:

$$i_{уд1} = \sqrt{2} \cdot I_{по1} \cdot k_{уд1} = \sqrt{2} \cdot 1,546 \cdot 1,95 = 4,264 \text{ кА.}$$

Расчёт токов КЗ в точке К2, начнем с определения сопротивления нулевой последовательности. Так как соединение обмотки трансформатора треугольник то сопротивление нулевой последовательности равно:

$$X_{\Sigma 0} = 0.$$

Определяются токи КЗ в точки К2 по формуле:

$$I_K^{(1)} = \frac{E_*''}{X_{\Sigma K2} + \Delta X^{(1)'}}$$

					13.03.02.2020.112.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

где $X_{\Sigma K2}$ - результирующее реактивное сопротивление схемы относительно точки короткого замыкания K2;

$$I_k^{(1)} = \frac{1}{0,572 + 0,572 + 0} = 0,091 \text{ кА.}$$

Определяется действующее значение периодической составляющей тока K3 на начальный момент времени в точке K2:

$$I_{\text{поз}} = m^{(1)} \cdot I_k^{(1)} \cdot I_{\text{б2}} = 3 \cdot 0,091 \cdot 5,499 = 1,507 \text{ кА.}$$

Рассчитывается ударный ток K3 в точке K2 по формуле:

$$i_{\text{уд2}} = \sqrt{2} \cdot I_{\text{поз}} \cdot k_{\text{уд2}} = \sqrt{2} \cdot 1,507 \cdot 1,95 = 4,156 \text{ кА.}$$

Расчёт токов K3 в точке K3, начнем с определения сопротивления нулевой последовательности.

Так как соединение обмотки трансформатора треугольник то сопротивление нулевой последовательности равно:

$$X_{\Sigma 0} = 0.$$

Определяются токи K3 в точки K3 по формуле:

$$I_k^{(1)} = \frac{E_*''}{X_{\Sigma K3} + \Delta X^{(1)'}}$$

где $X_{\Sigma K3}$ - результирующее реактивное сопротивление схемы относительно точки короткого замыкания K3;

$$I_k^{(1)} = \frac{1}{0,597 + 0,597 + 0} = 0,089 \text{ кА.}$$

Определяется действующее значение периодической составляющей тока K3 на начальный момент времени в точке K3:

$$I_{\text{поз}} = m^{(1)} \cdot I_k^{(1)} \cdot I_{\text{б2}} = 3 \cdot 0,089 \cdot 8,748 = 2,344 \text{ кА.}$$

Рассчитывается ударный ток K3 в точке K2 по формуле:

$$i_{\text{уд3}} = \sqrt{2} \cdot I_{\text{поз}} \cdot k_{\text{уд3}} = \sqrt{2} \cdot 2,344 \cdot 1,95 = 6,465 \text{ кА.}$$

					13.03.02.2020.112.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

Расчет двухфазного короткого замыкания на землю начнем с расчёта токов КЗ в точке К1.

Сопrotивление нулевой последовательности в точки К1, равно значению однофазного короткого замыкания:

$$X_{\Sigma 0} = 0,92.$$

Короткое замыкание в точки К1 определяется по формуле:

$$I_k^{(2)} = \frac{E_*''}{X_{\Sigma K1} + \Delta X^{(2)}} = \frac{E_*''}{X_{\Sigma K1} + \frac{X_{\Sigma K1} \cdot X_{\Sigma 0}}{X_{\Sigma K1} + X_{\Sigma 0}}} = \frac{1}{0,92 + \frac{0,92 \cdot 1,81}{0,92 + 1,81}} = 0,65 \text{ кА.}$$

Производится расчет действующего значения периодической составляющей тока КЗ на начальный момент времени в точке К1:

$$I_{\text{по2}} = m^{(2)} \cdot I_k^{(2)} \cdot I_{61} = \sqrt{3} \cdot \sqrt{1 - \frac{X_{\Sigma K1} \cdot X_{\Sigma 0}}{(X_{\Sigma K1} + X_{\Sigma 0})^2}} \cdot I_k^{(2)} \cdot I_{61},$$

$$I_{\text{по2}} = \sqrt{3} \cdot \sqrt{1 - \frac{0,92 \cdot 0,65}{(0,92 + 0,65)^2}} \cdot 0,65 \cdot 5,02 = 4,92 \text{ кА.}$$

Рассчитывается ударный ток КЗ в точке К1 по формуле:

$$i_{\text{уд1}} = \sqrt{2} \cdot I_{\text{по2}} \cdot k_{\text{уд1}} = \sqrt{2} \cdot 4,92 \cdot 1,8 = 12,52 \text{ кА.}$$

Сопrotивление нулевой последовательности в точки К2, зависит от соединения обмотки трансформатора:

$$X_{\Sigma 0} = 0,$$

так как соединение обмотки трансформатора треугольник.

Короткое замыкание в точки К2 определяется по формуле:

$$I_k^{(2)} = \frac{E_*''}{X_{\Sigma K2} + \Delta X^{(2)}} = \frac{E_*''}{X_{\Sigma K2} + \frac{X_{\Sigma K2} \cdot X_{\Sigma 0}}{X_{\Sigma K2} + X_{\Sigma 0}}} = \frac{1}{5,22 + \frac{5,22 \cdot 0}{5,22 + 0}} = 0,19 \text{ кА.}$$

Производится расчет действующего значения периодической составляющей тока КЗ на начальный момент времени в точке К2:

					13.03.02.2020.112.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

$$I_{\text{по2}} = m^{(2)} \cdot I_{\text{к}}^{(2)} \cdot I_{62} = \sqrt{3} \cdot \sqrt{1 - \frac{X_{\Sigma \text{к2}} \cdot X_{\Sigma 0}}{(X_{\Sigma \text{к2}} + X_{\Sigma 0})^2}} \cdot I_{\text{к}}^{(2)} \cdot I_{62},$$

$$I_{\text{по2}} = \sqrt{3} \cdot \sqrt{1 - \frac{5,22 \cdot 0}{(5,22 + 0)^2}} \cdot 0,19 \cdot 5,5 = 18,1 \text{ кА.}$$

Рассчитывается ударный ток КЗ в точке К2 по формуле:

$$i_{\text{уд2}} = \sqrt{2} \cdot I_{\text{по2}} \cdot k_{\text{уд2}} = \sqrt{2} \cdot 18,1 \cdot 1,8 = 46,1 \text{ кА.}$$

Сопротивление нулевой последовательности в точки К3, зависит от соединения обмотки трансформатора:

$$X_{\Sigma 0} = 0,$$

так как соединение обмотки трансформатора треугольник.

Короткое замыкание в точки К2 определяется по формуле:

$$I_{\text{к}}^{(2)} = \frac{E_*''}{X_{\Sigma \text{к3}} + \Delta X^{(2)}} = \frac{E_*''}{X_{\Sigma \text{к3}} + \frac{X_{\Sigma \text{к3}} \cdot X_{\Sigma 0}}{X_{\Sigma \text{к3}} + X_{\Sigma 0}}} = \frac{1}{7,92 + \frac{7,92 \cdot 0}{7,92 + 0}} = 0,13 \text{ кА.}$$

Производится расчет действующего значения периодической составляющей тока КЗ на начальный момент времени в точке К2:

$$I_{\text{по3}} = m^{(2)} \cdot I_{\text{к}}^{(2)} \cdot I_{63} = \sqrt{3} \cdot \sqrt{1 - \frac{X_{\Sigma \text{к3}} \cdot X_{\Sigma 0}}{(X_{\Sigma \text{к3}} + X_{\Sigma 0})^2}} \cdot I_{\text{к}}^{(2)} \cdot I_{61},$$

$$I_{\text{по3}} = \sqrt{3} \cdot \sqrt{1 - \frac{7,92 \cdot 0}{(7,92 + 0)^2}} \cdot 0,13 \cdot 91,8 = 20,67 \text{ кА.}$$

Рассчитывается ударный ток КЗ в точке К2 по формуле:

$$i_{\text{уд3}} = \sqrt{2} \cdot I_{\text{по3}} \cdot k_{\text{уд2}} = \sqrt{2} \cdot 20,67 \cdot 1,8 = 52,6 \text{ кА.}$$

По результатам расчетов составляется таблица 5 для трех видов КЗ.

					13.03.02.2020.112.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

Таблица 5 - Значения токов короткого замыкания

Тип КЗ	K1	K2	K3
Трёхфазное	12,758	11,715	12,739
Однофазное	8,814	17,57	19,109
Двухфазное на землю	9,2	18,1	20,67

Выбор оборудования производится по наибольшим токам КЗ. В результате расчетов трех видов КЗ, выбираем двухфазное короткое замыкание на землю.

3.5 Выбор аппаратов защиты электрооборудования АСДУ

Источниками аналоговых сигналов об электрическом режиме работы подстанции являются первичные преобразователи: трансформаторы тока (ТТ) и напряжения (ТН).

Произведем выбор измерительных трансформаторов тока на стороне 110кВ, 10кВ, 6кВ.

Условия выбора ТТ:

- по номинальному напряжению сети

$$U_{\text{ном}} \leq U_{\text{Сном}};$$

- по номинальному току первичной обмотки трансформатора

$$I_{\text{ном}} \leq I_{1\text{ном}};$$

- по электродинамической стойкости тока КЗ

$$i_{\text{уд}} \leq I_{\text{эд}} \cdot \sqrt{2};$$

- по термической стойкости тока КЗ

$$W_k \leq I_T^2 \cdot t_{\text{откл}};$$

- по полному вторичному сопротивлению приборов, допустимой нагрузки:

$$Z_2 \leq Z_{2\text{ном}}.$$

где $U_{\text{Сном}}$ - номинальное первичное напряжение сети;

$I_{1\text{ном}}$ - максимально возможный первичный ток трансформатора;

$I_{\text{эд}}$ - ток электродинамической стойкости;

$t_{\text{откл}}$ - время отключения, с

					13.03.02.2020.112.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

$Z_{2\text{ном}}$ - номинальная допустимая нагрузка трансформатора тока в выбранном классе точности;

Z_2 - вторичная нагрузка трансформатора тока.

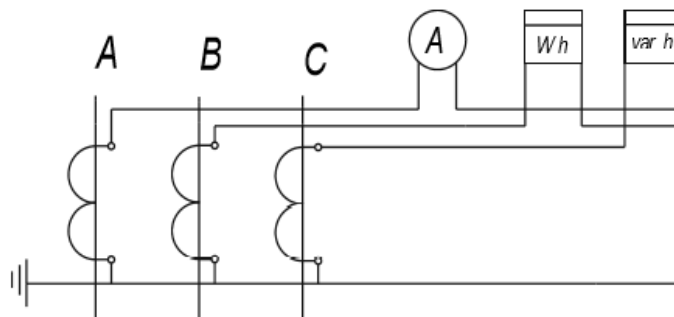


Рисунок 15 – Схема подключения измерительных приборов к ТТ

На стороне 110 кВ предлагается установить встроенный трансформатор тока марки ТВ-110-П-1-200/5. Паспортные данные которого приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Основные технические характеристики ТВ-110-П-1-200/5

Характеристики	Параметры
Номинальное напряжение, кВ	110
Номинальный ток, А	200
Номинальный вторичный ток, А	5
Ток электродинамической стойкости, кА	103
Ток термической стойкости, кА	20
Допустимое время, с	3
Класс точности	0,5

Проверяется встроенный трансформатор тока марки ТВ-110-П-1-200/5 по условиям выбора.

Производится сравнение по номинальному напряжению сети:

$$110\text{кВ} \leq 110\text{кВ}.$$

Рассчитывается номинальный ток первичной обмотки трансформатора по формуле:

$$I_{\text{ном}} = \frac{1,4 \cdot S_{\text{нт}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{н}}},$$

где $S_{\text{нт}}$ – номинальная мощность трансформатора, кВА.

$$I_{\text{ном}} = \frac{1,4 \cdot 25000}{\sqrt{3} \cdot 115} = 175,9 \text{ А.}$$

$$175,9 \leq 200.$$

Рассчитывается электродинамическая стойкость трансформатора по току КЗ:

$$i_{\text{удт}} = I_{\text{эд}} \cdot \sqrt{2} = 103 \cdot \sqrt{2} = 145 \text{ кА,}$$

$$12,75 \text{ кА} \leq 145 \text{ кА.}$$

Рассчитывается термическая стойкость трансформатора тока:

$$W_{\text{кт}} = I_{\text{т}}^2 \cdot t_{\text{откл}} = 43^2 \cdot 0,055 = 101,7 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$$

$$W_{\text{к}} = I_{\text{то}}^2 \cdot (t_{\text{откл}} + T_{\text{а}}),$$

где $T_{\text{а}}$ – постоянная времени вторичного контура;

$I_{\text{то}}$ – ток термической стойкости, кА.

$$W_{\text{к}} = 12,758^2 \cdot (0,055 + 0,05) = 6,8 \text{ кА}^2 \cdot \text{с},$$

$$101,7 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} \leq 6,8 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

Рассчитывается полное вторичное сопротивление приборов при допустимой нагрузке по формуле:

$$R_{\text{приб}} = \frac{S_{\text{приб}}}{I_2^2},$$

где $S_{\text{приб}}$ – полная мощность приборов, В·А;

I_2 – номинальный ток вторичной обмотки, А.

Таблица 7 – Приборы подключаемые к трансформатору тока и их мощность

Прибор	Марка прибора	Полная мощность приборов $S_{\text{приб}}$, В·А		
		Фаза А	Фаза В	Фаза С
Амперметр	IQB 72	0,6	-	-
Ваттметр	PQ 12	-	0,4	-
Варметр	QL 13	-	-	0,4
Итого:		0,6	0,4	0,4

$$R_{\text{приб}} = \frac{0,6}{5^2} = 0,024 \text{ Ом.}$$

Определяется номинальное полное сопротивление нагрузки вторичной обмотки трансформатора тока для измерительных приборов по формуле:

$$Z_{2\text{ном}} = \frac{S_{2\text{ном}}}{I_2^2},$$

где $S_{2\text{ном}}$ – номинальная полная мощность вторичной обмотки приборов, В·А.

$$Z_{2\text{ном}} = \frac{5}{5^2} = 0,2 \text{ Ом.}$$

Сопротивление контактов приборов принимаем равным 0,05 Ом. Так как индуктивное сопротивление токовых цепей значительно мало, примем:

$$Z_2 \approx R_2.$$

Определяется сопротивление проводов из уравнения:

$$R_{\text{пр}} = Z_{2\text{ном}} - R_{\text{приб}} - R_{\text{конт}} = 0,2 - 0,1 - 0,05 = 0,05 \text{ Ом.}$$

Определяется активное сопротивление токовых цепей по формуле:

$$R_2 = R_{\text{пр}} + R_{\text{приб}} + R_{\text{конт}} = 0,05 + 0,024 + 0,05 = 0,124 \text{ Ом.}$$

Проверяется выполнение пятого условия выбора ТТ:

$$0,124 \leq 0,2.$$

Встроенный трансформатор тока марки ТВ-110-II-1-200/5 по условиям выбора нам подходит.

Выбирается для установки на стороне 10 кВ трансформатор тока марки ТОЛ-10 СЭЩ. Паспортные данные трансформатор тока ТОЛ-10 СЭЩ приведем в таблице 8.

Проверяется трансформатор тока марки ТОЛ-10 СЭЩ по условиям выбора. Производится сравнение по номинальному напряжению сети:

$$10\text{кВ} \leq 10\text{кВ.}$$

					13.03.02.2020.112.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

Таблица 8 – Основные технические характеристики ТОЛ-10 СЭЩ

Характеристики	Параметры
Номинальное напряжение, кВ	10
Номинальный ток, А	600
Номинальный вторичный ток, А	5
Ток электродинамической стойкости, кА	100
Ток термической стойкости, кА	40
Допустимое время, с	1
Класс точности	0,5

Рассчитывается номинальный ток первичной обмотки трансформатора по формуле:

$$I_{\text{НОМ}} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{Н}}} \cdot 1,4,$$

где $S_{\text{НТ}}$ – номинальная мощность трансформатора, кВА.

$$I_{\text{НОМ}} = \frac{25000}{\sqrt{3} \cdot 37} \cdot 1,4 = 423 \text{ А.}$$

$$423\text{А} \leq 600\text{А.}$$

Рассчитывается электродинамическая стойкость трансформатора по току КЗ:

$$i_{\text{уд1}} = k_{\text{эд}} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{\text{НОМ1}},$$

где $k_{\text{эд}}$ – коэффициент динамической устойчивости, принимаем равным 0,05.

$$i_{\text{уд1}} = 0,05 \cdot \sqrt{2} \cdot 600 = 42,4 \text{ кА}$$

$$42,4\text{кА} \leq 100\text{кА.}$$

Рассчитывается термическая стойкость трансформатора тока:

$$B_{\text{к}} = I_{\text{ТО1}}^2 \cdot t_{\text{откл}} = 18,1^2 \cdot 0,06 = 19,66 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$$

$$B_{\text{КТ}} = k_{\text{Т}}^2 \cdot I_{\text{Т}}^2 \cdot t_{\text{Т}},$$

где $k_{\text{Т}}^2$ – коэффициент термической стойкости;

$t_{\text{Т}}$ – время протекания тока при термической стойкости, с.

					13.03.02.2020.112.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

$$B_{\text{КТ}} = 1^2 \cdot 40^2 \cdot 1 = 1600 \text{ кА}^2 \cdot \text{с},$$

$$19,66 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} \leq 1600 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

Рассчитывается полное вторичное сопротивление приборов при допустимой нагрузке по формуле:

$$R_{\text{приб}} = \frac{S_{\text{приб}}}{I_2^2},$$

где $S_{\text{приб}}$ – полная мощность приборов, В·А;

I_2 – номинальный ток вторичной обмотки, А.

Контроль за работой трансформатора ведется с помощью комплекса приборов, включающих в себя амперметр, ваттметр, счетчик активной энергии, данные которых представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Приборы подключаемые к трансформатору тока и их мощность

Прибор	Марка прибора	Полная мощность приборов $S_{\text{приб}}$, В·А		
		Фаза А	Фаза В	Фаза С
Амперметр	EQB 48	0,6	-	-
Ваттметр	E350M	5	5	5
Счетчик активной энергии	САЗУ-462	2	2	2
Итого:		7,6	7	7

$$R_{\text{приб}} = \frac{7,6}{5^2} = 0,304 \text{ (Ом)}.$$

Сопротивление контактов приборов принимается равным 0,1 Ом. Так как индуктивное сопротивление токовых цепей значительно мало, примем:

$$Z_2 \approx R_2.$$

Определяется сопротивление проводов из уравнения:

$$R_{\text{пр}} = Z_2 - R_{\text{приб}} - R_{\text{к}} = 1,2 - 0,304 - 0,1 = 0,79 \text{ Ом}.$$

Проверяется выполнение пятого условия выбора ТТ:

$$0,1 \leq 0,124.$$

Трансформатор тока марки ТОЛ-10 СЭЩ по условиям выбора нам подходит.

Применяя длину соединительных проводов 60 м с медными жилами.

Определяется площадь сечения проводника:

					13.03.02.2020.112.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

$$s = \frac{\rho \cdot l_p}{R_{пр}}$$

где ρ – удельное сопротивление проводника,
 l_p – длина проводника.

$$s = \frac{0,0175 \cdot 30}{0,79} = 0,65 \text{ мм}^2.$$

Принимается стандартное сечение $0,75 \text{ мм}^2$.

Выбирается для установки на стороне 6 кВ трансформатор тока марки ТОЛ-6 СЭЩ. Паспортные данные трансформатор тока ТОЛ-10 СЭЩ приводятся в таблице 10.

Таблица 10 – Основные технические характеристики ТОЛ-6 СЭЩ

Характеристики	Параметры
Номинальное напряжение, кВ	6
Номинальный ток, А	600
Номинальный вторичный ток, А	10
Ток электродинамической стойкости, кА	56
Ток термической стойкости, кА	31,2
Допустимое время, с	1
Класс точности	0,5

Проверяется трансформатор тока марки ТОЛ-6 СЭЩ по условиям выбора. Производится сравнение по номинальному напряжению сети:

$$6\text{кВ} \leq 6\text{кВ}.$$

Рассчитывается номинальный ток первичной обмотки трансформатора по формуле:

$$I_{\text{ном}} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{н}}} \cdot 1,4,$$

где $S_{\text{нт}}$ – номинальная мощность трансформатора, кВА.

$$I_{\text{ном}} = \frac{25000}{\sqrt{3} \cdot 37} \cdot 1,4 = 423 \text{ А}.$$

$$423\text{А} \leq 600\text{А}.$$

Рассчитывается электродинамическая стойкость трансформатора по току КЗ:

$$i_{уд1} = k_{эд} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{НОМ1},$$

где $k_{эд}$ – коэффициент динамической устойчивости, принимаем равным 0,05.

$$i_{уд1} = 0,006 \cdot \sqrt{2} \cdot 600 = 52,6 \text{ кА}$$

$$52,6 \text{ кА} \leq 56 \text{ кА.}$$

Рассчитывается термическая стойкость трансформатора тока:

$$B_k = I_{ТО1}^2 \cdot t_{откл} = 20,67^2 \cdot 0,06 = 25,6 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$$

$$B_{кт} = k_T^2 \cdot I_T^2 \cdot t_T,$$

где k_T – коэффициент термической стойкости;

t_T – время протекания тока при термической стойкости, с.

$$B_{кт} = 1^2 \cdot 31,2^2 \cdot 1 = 973,44 \text{ кА}^2 \cdot \text{с},$$

$$25,6 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} \leq 973,44 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

Рассчитывается полное вторичное сопротивление приборов при допустимой нагрузке по формуле:

$$R_{приб} = \frac{S_{приб}}{I_2^2},$$

где $S_{приб}$ – полная мощность приборов, В·А;

I_2 – номинальный ток вторичной обмотки, А.

Контроль за работой трансформатора ведется с помощью комплекса приборов, включающих в себя амперметр, ваттметр, счетчик активной энергии, данные которых представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Приборы подключаемые к трансформатору тока и их мощность

Прибор	Марка прибора	Полная мощность приборов $S_{приб}$, В·А		
		Фаза А	Фаза В	Фаза С
Амперметр	EQ 48	0,6	-	-
Ваттметр	E350M	5	5	5
Счетчик активной энергии	САЗУ-462	2	2	2
Итого:		7,6	7	7

$$R_{\text{приб}} = \frac{7,6}{5^2} = 0,304 \text{ Ом.}$$

Сопротивление контактов приборов принимаем равным 0,1 Ом. Так как индуктивное сопротивление токовых цепей значительно мало, примем:

$$Z_2 \approx R_2.$$

Определяется сопротивление проводов из уравнения:

$$R_{\text{пр}} = Z_2 - R_{\text{приб}} - R_{\text{к}} = 1,2 - 0,304 - 0,1 = 0,79 \text{ Ом.}$$

Проверяется выполнение пятого условия выбора ТТ:

$$0,1 \leq 0,124.$$

Трансформатор тока марки ТОЛ-6 СЭЩ по условиям выбора подходит. Применяя длину соединительных проводов 60 м с медными жилами. Определяется площадь сечения проводника:

$$s = \frac{\rho \cdot l_{\text{п}}}{R_{\text{пр}}},$$

где ρ – удельное сопротивление проводника,
 $l_{\text{п}}$ – длина проводника.

$$s = \frac{0,0175 \cdot 30}{0,79} = 0,65 \text{ мм}^2.$$

Принимается стандартное сечение 0,75 мм².

Производится выбор трансформаторов напряжения на стороне 110кВ, 10кВ, 6кВ.

Условия выбора ТН:

- по номинальному напряжению сети

$$U_{\text{ном}} \leq U_{\text{сном}};$$

- по конструктивному исполнению и схеме соединения обмоток, а также классу точности с учетом допустимых вторичных нагрузок;

- по вторичной допустимой нагрузке:

$$S_{2\Sigma} \leq S_{\text{ном}}.$$

					13.03.02.2020.112.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

$$S_{2\Sigma} = \sqrt{\sum S_{\text{приб}} \cdot \cos \varphi^2 + S_{\text{приб}} \cdot \sin \varphi^2} = \sqrt{P_{\text{приб}}^2 + Q_{\text{приб}}^2}$$

где $S_{2\Sigma}$ - нагрузка всех измерительных приборов и реле, присоединенных к трансформатору напряжения, А·В.

Выбирается трансформатор напряжения на стороне 110кВ марки НАМИ-110 УХЛ1, и сравнивается по условиям выбора ТН.

Активная и реактивная мощности вторичной нагрузки трансформатора напряжения НАМИ-110 УХЛ1 представлен в таблице 11.

Проверяется ТН НАМИ-110 УХЛ1 по следующим параметрам:

- номинальному напряжению

$$110\text{кВ} = 110 \text{ кВ};$$

- классу точности – 0,2;

- вторичной нагрузке, при условии, что трансформатор напряжения НАМИ-110 имеет мощность вторичных нагрузок обмоток 200 ВА:

$$S_{2\Sigma} = \sqrt{P_{\text{приб}}^2 + Q_{\text{приб}}^2} = \sqrt{5,02^2 + 3,7^2} = 6,23 \text{ В} \cdot \text{А},$$

$$6,23\text{В} \cdot \text{А} \leq 200\text{В} \cdot \text{А}.$$

Таблица 12 - Вторичная нагрузка трансформаторов напряжения НАМИ-110

Приборы	Тип прибора	Потребляемая мощность одной катушки, В·А	Число катушек	cos φ	sin φ	Число приборов	Общая потребляемая мощность	
							Р, Вт	Q, вар
Вольтметр	Е350М	1,5	1	1	0	1	1,5	-
Счетчик активной энергии	САЗУ-И681	2	2	0,38	0,925	1	1,52	3,7
Ваттметр	PQ 12	1	2	1	0	1	2	-
Итого:							5,02	3,7

Трансформатор напряжения НАМИ-110 УХЛ1 подходит для использования в нашей системе АСДУЭ.

Для стороны 10 кВ выбирается трансформатор напряжения марки НАМИ-10, к которому присоединяются измерительные приборы и приборы контроля изоляции.

Проверяется трансформатор напряжения НАМИ-10 по следующим параметрам:

- номинальному напряжению

$$10\text{кВ} = 10\text{кВ};$$

- классу точности – 0,5.

- вторичной нагрузке, при условии, что трансформатор напряжения НАМИ-110 имеет мощность вторичных нагрузок обмоток 200 ВА:

$$S_{2\Sigma} = \sqrt{P_{\text{приб}}^2 + Q_{\text{приб}}^2} = \sqrt{7,02^2 + 3,7^2} = 7,94 \text{ В} \cdot \text{А},$$

$$6,23\text{В} \cdot \text{А} \leq 75 \text{ В} \cdot \text{А}.$$

Активная и реактивная мощности вторичной нагрузки трансформатора напряжения НАМИ-10 представлен в таблице 13.

Таблица 13 - Вторичная нагрузка трансформаторов напряжения НАМИ-10

Приборы	Потребляемая мощность одной катушки, В·А	Число катушек	cos φ	sin φ	Число приборов	Общая потребляемая мощность	
						P, Вт	Q, вар
Вольтметр	2,5	1	1	0	1	2,5	-
Счетчик активной энергии	2	2	1	0	1	1,52	3,7
Ваттметр	1,5	2	0,38	0,925	1	3	-
Итого:						7,02	3,7

Показатели трансформатора напряжения НАМИ-10, подходят для системы, он имеет номинальную мощность в классе точности 0,5, необходимую для подключения счетчиков 75 ВА, соответственно данный трансформатор будет работать на выбранном классе точности.

Для стороны 6 кВ выбирается трансформатор напряжения марки НАЛИ-6 СЭЩ, к которому присоединяются измерительные приборы и приборы контроля изоляции таблица 14.

Проверяется трансформатор напряжения НАЛИ-6 СЭЩ по следующим параметрам:

- номинальному напряжению

$$6\text{кВ} = 6\text{кВ};$$

- классу точности – 0,5.

Таблица 14 - Вторичная нагрузка трансформаторов напряжения НАЛИ-6 СЭЩ

Приборы	Потребляемая мощность одной катушки, В·А	Число катушек	cos φ	sin φ	Число приборов	Общая потребляемая мощность	
						P, Вт	Q, вар
Вольтметр	2,5	1	1	0	1	2,5	-
Счетчик активной энергии	2	2	1	0	1	1,52	3,7
Ваттметр	1,5	2	0,38	0,925	1	3	-
Итого:						7,02	3,7

- вторичной нагрузке, при условии, что трансформатор напряжения НАМИ-110 имеет мощность вторичных нагрузок обмоток 200 ВА:

$$S_{2\Sigma} = \sqrt{P_{\text{приб}}^2 + Q_{\text{приб}}^2} = \sqrt{7,02^2 + 3,7^2} = 7,94 \text{ В} \cdot \text{А},$$

$$6,23 \text{ В} \cdot \text{А} \leq 75 \text{ В} \cdot \text{А}.$$

Показатели трансформатора напряжения НАЛИ-6 СЭЩ, подходят для системы, он имеет номинальную мощность в классе точности 0,5, необходимую для подключения счетчиков 75 ВА, соответственно данный трансформатор будет работать на выбранном классе точности.

Выводы по разделу три:

- 1) Предполагается что коэффициент готовности увеличится с 0,88 до 0,984 после внедрения системы АСДУЭ.
- 2) Расчетная электрическая нагрузка потребителей ООО «ЗМЗ» в среднем 26,3 МВА.
- 3) Для защиты оборудования от токов короткого замыкания выбраны трансформаторы тока и трансформаторы напряжения на стороне:
 - 110кВ ТВ-110-II-1-200/5, НАМИ-110;
 - 10кВ ТОЛ-10 СЭЩ, НАМИ 10;
 - 6кВ ТОЛ-6 СЭЩ, НАЛИ-6 СЭЩ.

4 РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ АСДУЭ ООО «ЗМЗ»

4.1 Структурная организация сети

На рисунке 16 представлена структурная схема системы АСДУЭ ООО «ЗМЗ».

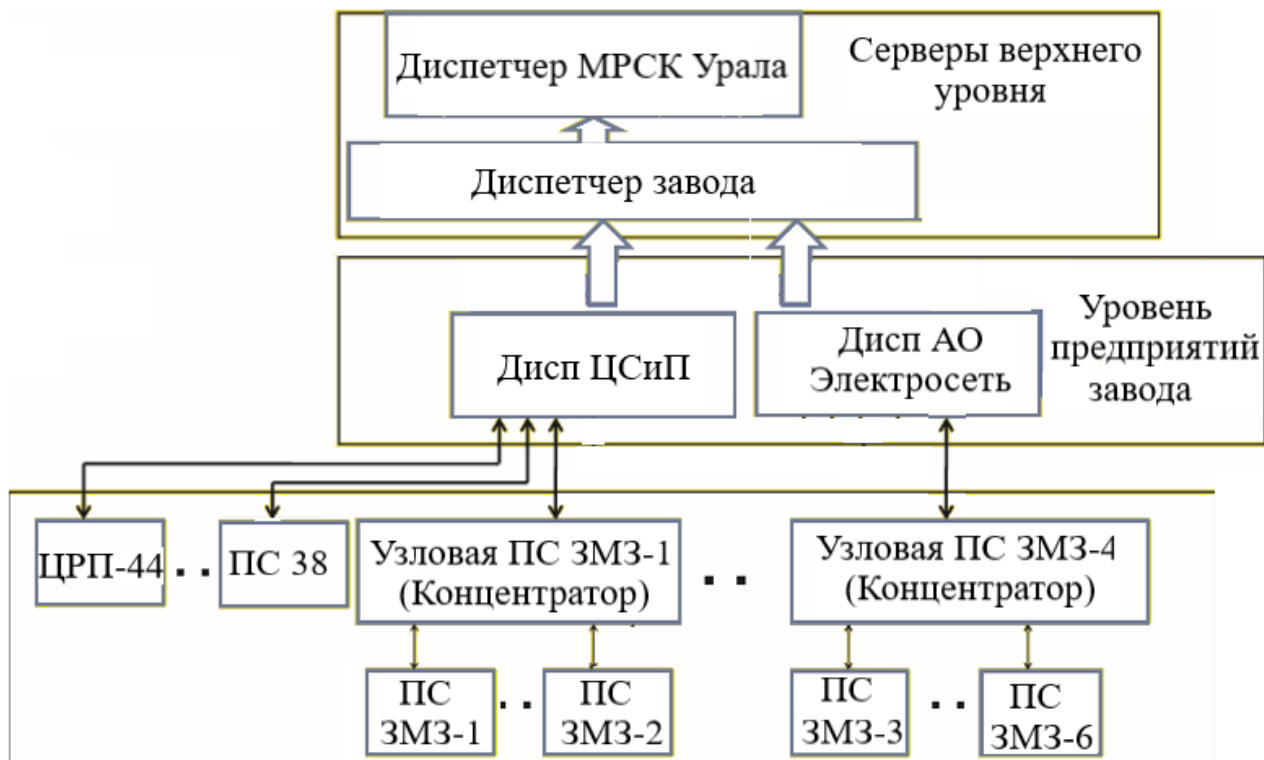


Рисунок 16 - Структурная организация сети

Система, представленная на рисунке 16 позволит собрать воедино все подстанции завода и автоматизировать их работу в единую диспетчерскую службу, для более быстрого принятия решений, сбора, мониторинга параметров и оперативных данных в режиме реального времени с фиксацией события/измерения. Система осуществляет полное и оперативное предоставление информации о режимах работы подстанций завода и основных узлов, агрегатов диспетчерскому персоналу, находящемуся на дежурстве, обеспечивая при этом эффективный контроль за параметрами управления по всему технологическому циклу, а при необходимости и дистанционное управление системой.

ПС (ЗМЗ-1; 2; 3; 4; 6; ЦРП-44; ПС 38) – это объекты которыми необходимо управлять и осуществлять контроль за качеством эксплуатации диспетчеру завода.

Узловая ПС (ЗМЗ-1; 4) – относятся к контролируемым пунктам, в них расположены посты с оборудованными местами ЭВМ, являются нижнем уровнем системы.

Уровень предприятий завода относится к среднему уровню с расположением в нем серверных ЭВМ для сбора информации, осуществляет подачу управляющих

сигналов на ПС нижнего уровня, а также связь между серверами среднего и верхнего уровня.

Серверы верхнего уровня – выдают управляющие приказы на все нижестоящие уровни, осуществляют связь с межрегиональной сетевой компанией.

4.2 Структурная схема узловой ПС

На рисунке 17 представлена структурная схема проектируемой системы передачи информации уровня «Узловая ПС (концентратор) — ПС», на оборудовании фирмы SIEMENS.

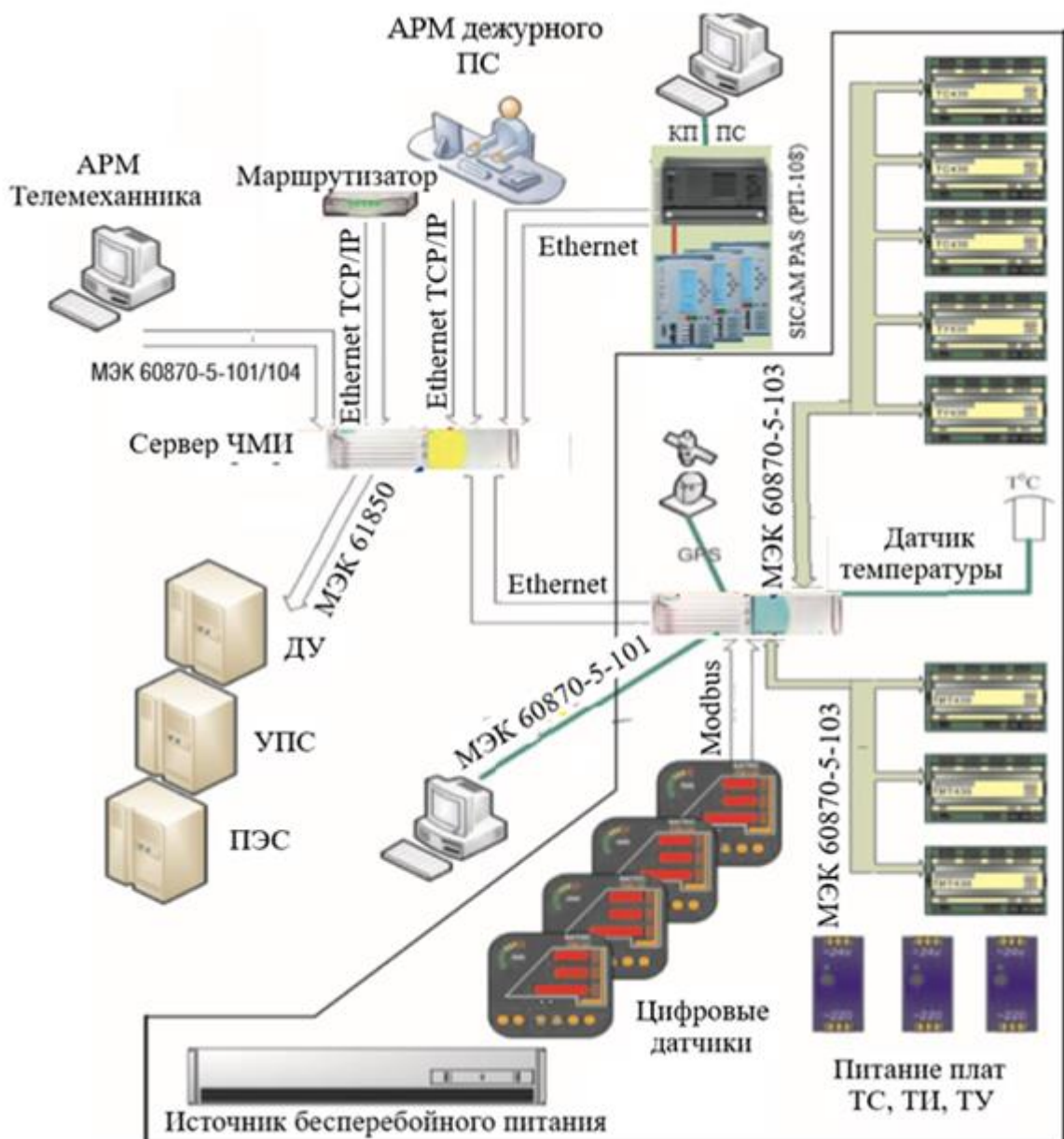


Рисунок 17 - Структурная схема уровня «Узловая ПС»

Структура системы нижнего уровня включает следующие элементы:

- первичные измерительные преобразователи, модули ввода/вывода дискретных сигналов, установленные на указанных подстанциях;
- каналобразующую аппаратуру;
- серверы телемеханики с установленным программным обеспечением;
- автоматизированные рабочие места (АРМ) телемеханики.

В качестве источников аналоговых сигналов взяты трансформаторы тока (ТТ) и трансформаторы напряжения (ТН) установленные на оборудовании подстанций. Измерительные преобразователи SIMEAS P выбраны в качестве устройств, собирающих и рассчитывающих информацию, которую передают соответствующие ТТ и ТН. Контроллер ТМ 1703 устанавливается для контроля выхода собранных параметров за граничные значения, он получает всю информацию от преобразователей SIMEAS P по протоколу PROFIBUS DP и передает рассчитанные значения выше в системные серверы SICAM PAS по протоколу МЭК 60870-5-104.

Часть дискретных сигналов (по оборудованию 110, 10 и 6 кВ) вводится на терминалы SIPROTEC и передаётся в АСДУЭ по протоколу МЭК 61850. К таким сигналам относятся положения коммутационных аппаратов, переключателей, отклонения от нормального режима работы и т.д. Остальные дискретные сигналы по оборудованию подстанций ООО «ЗМЗ» вводятся в АСДУЭ в виде «сухого» контакта непосредственно на дискретные модули ввода контроллеров ТМ 1703 АСР. Чтобы «сухой» контакт срабатывал надежно применяется напряжение питания сети 220В постоянного тока. Всем параметрам при отклонении их от нормального режима работы присваивается метка времени. Положения коммутационных аппаратов отображается на схемах благодаря блок-контактам КА, которые выдают сигналы путем замкнутого или разомкнутого контакта. Если положение дискретного сигнала и блок контакта КА различаются это отображается на экране АРМ дежурного и запоминаются в архиве.

На диспетчерском пульте отображается вся полученная информация в виде схем подстанций завода и их отдельных фрагментов, с отображением на них положения коммутационных аппаратов, параметров выбранной сети, срабатывание защит, также можно провести диагностику оборудования, и т.п. Диспетчерский персонал может по желанию выбрать любую схему завода на свое усмотрение. На мнемосхемах возможна электронная установка предупредительных плакатов дежурными подстанции. На экране монитора также есть возможность отображения информации об выходе оборудования из строя, его неготовность к управлению и фиксируются отклонения положения коммутационных аппаратов. Проекция подстанций разработаны в SCADA-системе WinCC.

Технологическая сигнализация обеспечивает оперативный персонал подстанций информацией о возникновении нарушений в работе электрооборудования, о срабатывании автоматических устройств, защит, автоматики и т. п.

В системе предусмотрена организация технического учёта электроэнергии на подстанциях. В качестве источника данных используются как измерительные преобразователи SIMEAS P, так и терминалы РЗА SIPROTEC.

					13.03.02.2020.112.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

На подстанциях ЗМЗ-4, ЗМЗ-3, ЗМЗ-6 которые имеют верхнее напряжение 110 кВ установлен технический контроль качества электроэнергии на секциях 110 кВ, выполненный на базе устройств SIMEAS Q, которые по выходным значениям напряжений рассчитывают диаграммы отклонений по синусоидальности, симметрии, гармонике напряжений и выводят эти графики на монитор диспетчера.

На каждой из подстанций завода предусматривается автоматическая частотная разгрузка (АЧР) это важнейшая подсистема осуществляющая контроль за частотой в сети 6кВ. Она устанавливается на секциях шин 6 кВ и отвечает за целостность системы в результате внезапно возникшем дефиците активной мощности происходит отключение наименее важных потребителей электроэнергии. АЧР устанавливаемые на подстанциях завода имеют четыре ступени отключения. Информация о срабатывании терминалов АЧР 7SJ80 посредством «сухого» контакта поступает в терминалы 7SJ64, в результате чего на выходе формируются сигналы отключения по ступени, которые в виде GOOSE-сообщений направляются в терминалы присоединений 6 кВ и терминалы АЧР 0,4кВ.

Метка времени для событий, произошедших на подстанциях присваивается на нижнем и среднем уровнях, в то время, когда произошла его фиксация. Время фиксируется и синхронизируется при помощи специальных таймеров, имеющих в микропроцессорном оборудовании ПТК (контроллерах, терминалах РЗА, серверах и т.п.), которые подстраиваются к астрономическому времени по спутниковым сигналам системы точного времени, с помощью специальной наружной антенны со встроенным GPS-приёмником и сервера точного времени (S)NTP-сервера SICLOCK TC400.

Диагностическая информация о состоянии устройств системы единого времени поступает в архив и отображается на АРМ персонала.

4.3 Структурная схема среднего уровня

Структура, среднего уровня представленная на рисунке 18 включает в себя серверную ЭВМ, которая предназначена для сбора оперативной информации, а также подачи управляющих сигналов на подстанции с осуществлением связи между серверами среднего и верхнего уровня.

В состав среднего уровня входят системные сервера SICAM PAS, сетевые коммутаторы и устройства синхронизации времени их объединяет в единое кольцо Gigabit Ethernet. Сбор всей необходимой информации для функционирования системы осуществляют серверы SICAM PAS по различным протоколам связи от блоков нижнего уровня. Серверы SICAM PAS осуществляют выдачу управляющих сигналов и предоставляют полученную информацию в SCADA-систему WinCC, а далее в вышестоящие диспетчерские центры.

В разработанной системе применяется 3 резервных кольца на каждом из которых устанавливается свой комплект SICAM PAS. При этом SICAM PAS используется в распределённой конфигурации. Один из промышленных компьютеров, установленных на диспетчерском пункте, является основным сервером FS –Full

					13.03.02.2020.112.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

Server, он выполняет функции управления базами данных, предоставляет пользователю интерфейс и осуществляет взаимодействие с устройствами верхнего и нижнего уровня по различным протоколам связи.

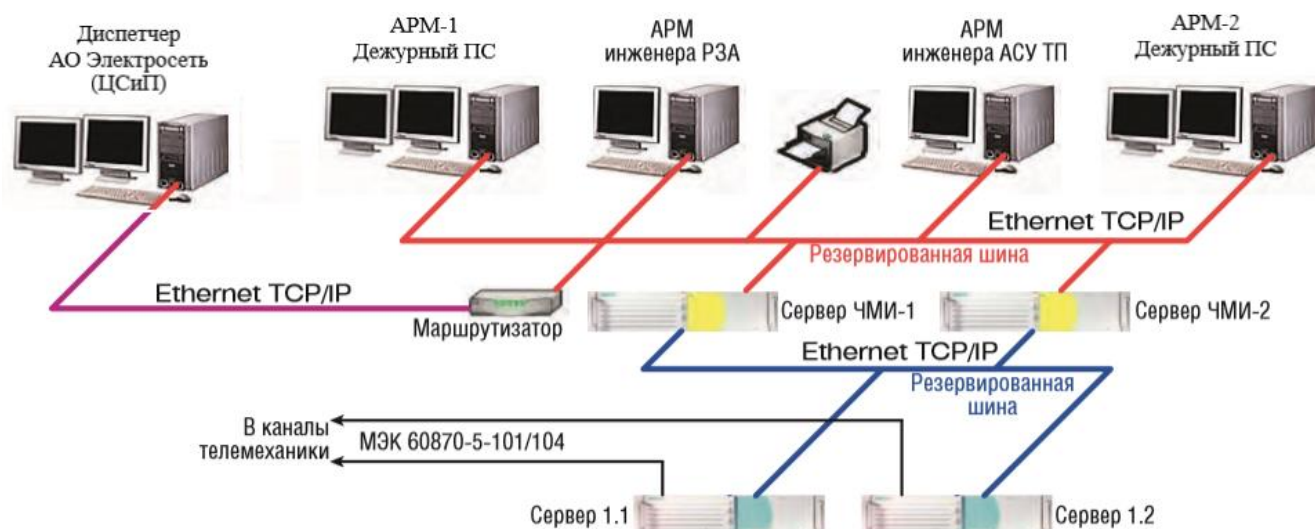


Рисунок 18 - Структурная схема среднего уровня

Задачи обмена данными с подсистемами и терминалами защит по всевозможным протоколам осуществляет второй промышленный компьютер - интерфейсный процессор устройств DIP – Device Interface Processor.

Системный резервный сервер устанавливается в каждое кольцо он осуществляет обработку получаемых данных от оборудования УСО и передает их на верхний уровень в управляющий сервер. Основные комплекты предлагается расположить в здании головных подстанций, а резервные – в здании ЗРУ 110кВ.

Синхронизация времени также содержит основной и резервный комплект и включена в состав АСДУЭ. NTP-серверами (NTP – Network Time Protocol) имеют четыре интерфейса для подключения в сеть системы и обладают устройствами для синхронизации времени.

4.4 Структурная схема верхнего уровня

Верхний уровень сети построена по такому же принципу, что и сети нижнего и среднего уровня.

Верхний уровень системы АСДУЭ состоит из:

- серверов SICAM PAS CC (Power Automation System Control Center) обеспечивающих передачу, хранение и представление информации, осуществляющих архивирования;
- Web-серверов и Web-клиентов;
- АРМ диспетчера;

Сеть верхнего уровня также обеспечивает взаимодействие всех серверов и клиентов верхнего уровня.

К сети подключается сетевой маршрутизатор, служащий для связи с внешней сетью энергетических компаний. Управляющие серверы верхнего уровня, состоящие из сервера SCADA, сервера баз данных и Web-сервера объединены в локальную сеть Gigabit Ethernet. Основные комплекты этих серверов располагаются в диспетчерские электрооборудования, а резервные – в здании головных подстанций завода 110кВ. Связь информационной системы АСДУЭ с информационной системой МРСК Урала осуществляется через OPC и Web-протоколы.

В состав АСДУЭ входят автоматизированные рабочие места диспетчеров (рисунок 19). Два АРМ диспетчера располагаются в здании ЦЗЛ, там же расположены шкафы с необходимым оборудованием виде стационарных компьютеров, установленных в соответствующих помещениях здания. Для обеспечения доступа к технологической информации на подстанциях завода предусмотрены кольца 1, 2, 3. Применены панели сигнализации и визуализации информации, на каждой из которых устанавливается программное обеспечение, необходимое для работы Web-клиента. Источником информации для Web-клиентов будут данные на основном и резервном Web-серверах, которые устанавливаются в шкафах SICAM PAS CC. На уровне Web-серверов предусматривается резервирование для того чтобы при выходе из строя одного Web-сервера все Web-клиенты автоматически переключались на доступный сервер.



Рисунок 19 – Пример АРМ диспетчера

Информация о ходе технологического процесса выводится на мониторы АРМ диспетчера и на видео стену. Человеко-машинный интерфейс имеет четкую и ясную структуру, эргономический дизайн и понятен на интуитивном уровне. Диспетчер может легко осуществлять сбор хода протекающих процессов, производить построение трендов, отчетов, таблиц и своевременно диагностировать сбои в электроснабжении завода. Видео стена (рисунок 20) будет состоять из четырех ЖК экранов диагональю 46”, образуя матрицу 2*2. Используемые панели специально разработаны компанией SIMENS для эксплуатации в диспетчерских помещениях и конференц-залах.



Рисунок 20 – Пример видеостены АРМ диспетчера

Вывод по разделу четыре:

1) Структурная схема АСДУЭ завода включает в себя верхний уровень диспетчер ООО «ЗМЗ», средний уровень диспетчерские ЦСиП и АО «Электросеть» и нижний уровень оборудование ПС И ТП.

Нижний уровень состоит из первичных измерительных преобразователей, установленных на ПС и ТП завода, передающих сигналы на средний уровень где осуществляется сбор оперативной информации и подача управляющих сигналов на оборудование, а также связь между серверами среднего и верхнего уровня через OPC и Web-протоколы. Верхний уровень обеспечивает управление подстанциями завода, передачу, хранение, архивирование и представление информации.

5 ОБОРУДОВАНИЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ АСДУЭ

5.1 Сбор и первичная обработка аналоговых и дискретных сигналов

Все устройства нижнего уровня, осуществляющие сбор и обработку сигналов напрямую связаны с управляющим оборудованием. Они помогают обеспечить необходимой информацией сервера верхнего уровня и осуществляют выполнение управляющих команд. Положения коммутационных аппаратов оборудования 110, 35 и 6 кВ (переключателей, различного рода неисправности оборудования и т.д.) являются дискретными сигналами, которые вводятся на терминалы SIPROTEC и передаются в систему АСДУЭ по протоколу МЭК 61850. Другие дискретные сигналы по оборудованию подстанций ООО «ЗМЗ» вводятся на специальные модули контроллеров ТМ 1703 АСР системы АСДУЭ в виде «сухого» контакта. Постоянный ток напряжением 220В предназначен для надёжного срабатывания «сухого» контакта. Все изменения в системе регистрируются и им присваивается метка времени. Положение выключателей, разъединителей и т.п. имеют свои сигналы, которые проверяются на согласование положений с помощью замыкающих и размыкающих блок-контактов КА. Вся информация об отклонении коммутационных аппаратов от нормального режима работы отображается на экране АРМ диспетчера и дежурного подстанции им присваивается метка времени с сохранением в архиве.

В качестве основных источников информации используются микропроцессорные устройства релейной защиты и автоматики РЗА, которые располагаются на нижнем уровне устройства системы АСДУЭ предназначены для работы как в нормальном, так и в аварийном режиме с их помощью осуществляют контроль и управление объектами. Микропроцессорные устройства РЗА подключаются к устройствам нижнего уровня, которые обеспечивают передачу данных от терминалов защит и подсистем РЗА в систему АСДУЭ.

Для организации сети используются сетевые коммутаторы. Сетевые коммутаторы расположены на подстанциях завода так чтобы образовывать между собой три оптических кольца, на каждой из подстанций коммутаторы соединяются в двойные оптические кольца. В общей сложности система АСДУЭ объединяет 60 подстанций завода: 55 трансформаторных подстанции напряжением 6/0,4 кВ входящие в общезаводское хозяйство ОЗХ, 2 подстанции с РУ 35/6 кВ которые входят в состав завода и три ГПП 110 кВ относящиеся к АО Электросеть.

Каждый терминал релейной защиты имеет два Ethernet-порта для резервирования оборудования. Основной порт передает данные в систему, при исчезновении с ним связи из-за аварии на линии или поломки самого порта происходит переход на резервный порт. Для сохранения связи с объектом основной и резервный порта подключаются к разным сетевым коммутаторам, так как коммутатор тоже может выйти из строя. В коммутаторы устанавливаются специальные сетевые карты с двумя интерфейсами, через них происходит подключение к контроллерам сбора информации SICAM PAS. Настройка сетевой карты производится таким же обра-

					13.03.02.2020.112.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

зом, как и в терминалах защит чтобы порты работали как резервные. Система получается полностью резервируемой от электрооборудования, кабельных линий до коммутационных связей.

На всех подстанциях завода устанавливаются шкафы с оборудованием АСДУЭ.

Шкаф МСКУ включает в себя контроллер ТМ 1703 АСР (СР-6014) с модулями сбора дискретных и аналоговых сигналов, а также модулями выдачи команд. Основное назначение контроллера ТМ 1703 (рисунок 21) – сбор информации с измерительных преобразователей SIMEAS и преобразователей частоты ACS 800 по протоколу PROFIBUS DP, сбор дискретной и аналоговой информации и передача данных в системный сервер SICAM PAS по протоколу МЭК 60870-5-104. Контроллер ТМ 1703 может использоваться для выдачи управляющих команд, таких как включение и отключение освещения на ОРУ подстанций, электрообогревная приводов выключателей и линейных разъединителей и т.д. Для управления приводами выключателей, оперативной блокировкой и сигнализацией на подстанциях используется постоянный ток напряжением 220В, с резервом от аккумуляторных батарей на головных подстанциях. Дискретные сигналы ввода данных также рассчитаны на постоянный ток напряжением 220В. Аналоговая информация на приборы учета и регистрации вводится в виде сигналов в диапазоне 4...20 мА.



Рисунок 21 – Пример подключения контроллера ТМ 1703

На подстанциях устанавливается шкаф визуализации и АЧР (рисунок 22) состоящий из панели визуализации SIMATIC Panel PC 577В и микропроцессорного терминала АЧР с сетевыми коммутаторами. SIMATIC Panel PC 577В это промышленный компьютер, являющийся платформой для системы компьютерного и оперативного управления, а также визуализации информации на основе пакетов WinCC.

Вся информация о оборудовании подстанции и его технологическом состоянии выводится на панель визуализации. К Сетевым коммутаторам подключаются МП терминалы релейной защиты и автоматики и устройства нижнего уровня АСДУЭ. Устройства АЧР отключают потребители подстанции 6кВ при снижении частоты ниже заданной уставки, поочередно, путем выдачи управляющих сигналов. АЧР имеет три ступени отключения, каждая со своим дискретным выходом.



Рисунок 22 – Пример шкафа визуализации на ПС

SIPROTEC микропроцессорный терминал предназначен для выполнения задач АЧР располагается в шкафу АЧР. Шкафу АЧР также располагается 4 терминала типа 7SJ80, реагирующие на изменение частоты в энергосистеме (по одному на каждую секцию 110 кВ), и 2 терминала типа 7SJ64, которые служат для передачи команд отключения от терминалов 7SJ80 к терминалам РЗА присоединений 6 кВ, подключённым к сети первого и второго кольца.

Для секций шин 110кВ устанавливается шкаф измерений он содержит: 6 измерительных преобразователей SIMEAS P и 4 преобразователя SIMEAS Q которые осуществляют контроль качества электроэнергии на секциях 110 кВ.

Шкаф ЦРАП - цифровой регистратор аварийных процессов, предназначен для регистрации аварийных, переходных и установившихся процессов в системах релейной защиты и автоматики, а также для проведения различного вида измерений и исследований в электросетях, устанавливается на подстанциях.

5.2 УСО устройства связи с объектом

В подстанциях ООО «ЗМЗ» устанавливаются УСО (устройства связи с объектом) – получающие всю информации и осуществляющие управление оборудованием нижнего уровня через дискретные и аналоговые каналы с помощью контрольных кабелей или витой пары, а также через интерфейсный кабель по высокоуровневому протоколу. МП терминалы РЗА связываются с оборудованием АСДУЭ по протоколу МЭК 61850 через электрический интерфейс. Все устройства на подстанции включены в сеть по схеме звезда. Источниками бесперебойного питания на подстанциях являются аккумуляторные батареи они сопряжены с устройствами УСО по оптическому либо электрическому интерфейсу по протоколу МЭК 61850, по схеме звезда. Основные сигналы с АБ вводятся в АСДУЭ посредством «сухого» контакта. Микропроцессорное оборудование основных подстанций соединены между собой по схеме двойного оптического кольца при помощи оптоволоконной линии. Соединение подстанций в кольца необходимо с учетом бесперебойности работы оборудования, основанного на технологическом цикле производства.

По протоколу PROFIBUS DP использующего витую пару RS-485 сопряжены измерительные преобразователи SIMEAS, предназначенные для учёта электроэнергии, с оборудованием УСО установленным на подстанциях завода. Связь контроллеров ТМ 1703 АСР производящих сбор информации с системой SICAM PAS осуществляется по протоколу МЭК 60870-5-104. Преобразователи частоты связаны с оборудованием, установленным на диспетчерском пункте по протоколу PROFIBUS DP по средствам витой пары RS-485.

На труднодоступных участках завода, не позволяющих выполнить прокладку кабельных трасс можно использовать в качестве основного канала связи промышленное оборудование широкополосного беспроводного доступа SkyMAN. А на некоторых ответственных участках беспроводную связь можно использовать в качестве резервного канала связи.

					13.03.02.2020.112.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

5.3 Устройства среднего уровня

К устройствам среднего уровня относятся системные серверы SICAM PAS, сетевые коммутаторы, соединённые между собой в единое кольцо на базе Gigabit Ethernet с синхронизацией времени. Предлагается для резервирования системы использовать три комплекта SICAM PAS по одному на каждое кольцо. При этом SICAM PAS будем использовать в распределённой конфигурации. Основной промышленный компьютер FS – Full Server выполняет управление базами данных, выводит информацию на экран монитора диспетчера и взаимодействует с устройствами всех уровней по различным протоколам связи. Интерфейсный промышленный компьютер DIP – Device Interface Processor используется для систем РЗА, производит регулирование и управление технологическим процессом, обрабатывает показания контроля качества электроэнергии, управляет сбором данных.

На среднем уровне предлагается использование следующих типов шкафов:

- шкаф сетевых коммутаторов (ШСК) в него устанавливается оборудование РЗА на основе микропроцессорных терминалов с сетевыми коммутаторами для подключения в сеть АСДУЭ, контроллеры ТМ 1703 АСР, серверы, АРМ и другие устройства необходимые для функционирования системы. ШСК расположится в здании ЦЗЛ в комнате диспетчеров и на ГПП 110кВ оперативном щите управления. Разместим в них также устройства SICLOCK TC-400 для синхронизации времени объектов управления;

- шкаф SICAM PAS будет включать в себя компьютеры промышленного исполнения SIMATIC Rack PC 647B, исполняющие функции системного сервера, осуществляющие сбор информации с подстанций завода и её передачу на верхний уровень системы управления в системные серверы SICAM PAS CC и в вышестоящие диспетчерские центры (МРСК Урала). Обязательное выполнение резервирования в каждое кольцо включается свой системный сервер. Основные комплекты располагаются в здании ЦЗЛ, а резервные – в здании ГПП 110кВ. Промышленный компьютер SIMATIC Rack осуществляет сбор и обработку данных, получаемых от оборудования УСО, и передачу этих данных в управляющий контроллер верхнего уровня.

5.4 Оперативный контроль текущего режима и состояния схем подстанций

Устройства верхнего уровня системы АСДУЭ включают в себя: серверы SICAM PAS CC (Power Automation System Control Center) выполняющие функции передачи, хранения, представления информации диспетчеру завода, архивирование полученных данных; Web-серверы и Web-клиенты; АРМ персонала. Устройства верхнего уровня обеспечивают оперативный контроль за электрооборудованием завода.

Оперативный контроль текущего режима и состояния схем подстанций включает в себя:

- контроль состояния основного и вспомогательного электрооборудования;

					13.03.02.2020.112.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

- контроль за основными параметрами при работе силового электрооборудования ПС, к ним относятся напряжение на секциях шин ОРУ всех напряжений в том числе и частотой сети, перетоки активной и реактивной мощности, токи по всем присоединениям подстанций;

- контроль за положением основных коммутационных аппаратов ПС, выключателей, разъединителей, заземляющих ножей;

- отслеживание текущего состояния оперативных блокировок управления положением разъединителей и заземляющих ножей, а также сигналов, входящих в условие блокировок и логической схемы блокировки.

Оперативный контроль всей указанной информации отображается на АРМ диспетчера в виде динамических мнемосхем и их фрагментов. Выбор мнемосхемы или фрагмента на экране АРМ осуществляется персоналом подстанции (диспетчером). На мнемосхемах путем управления можно отобразить: токи, напряжения, мощности по каждому из потребителей или линий подстанции; положение коммутационной аппаратуры (КА), а в случае аварии ее отклонение или самопроизвольное отключение, нахождение в работе или ремонте и т.п.; положение выкатных элементов КА; установку переносных заземлений; неготовность аппаратуры к управлению; наличие/отсутствие напряжения, заземление участков линий и шин. Операционной системой предусмотрена установка предупредительных плакатов дежурным на мнемосхемах подстанций. Экранные формы прорисованы в SCADA-системе WinCC (рисунок 23).

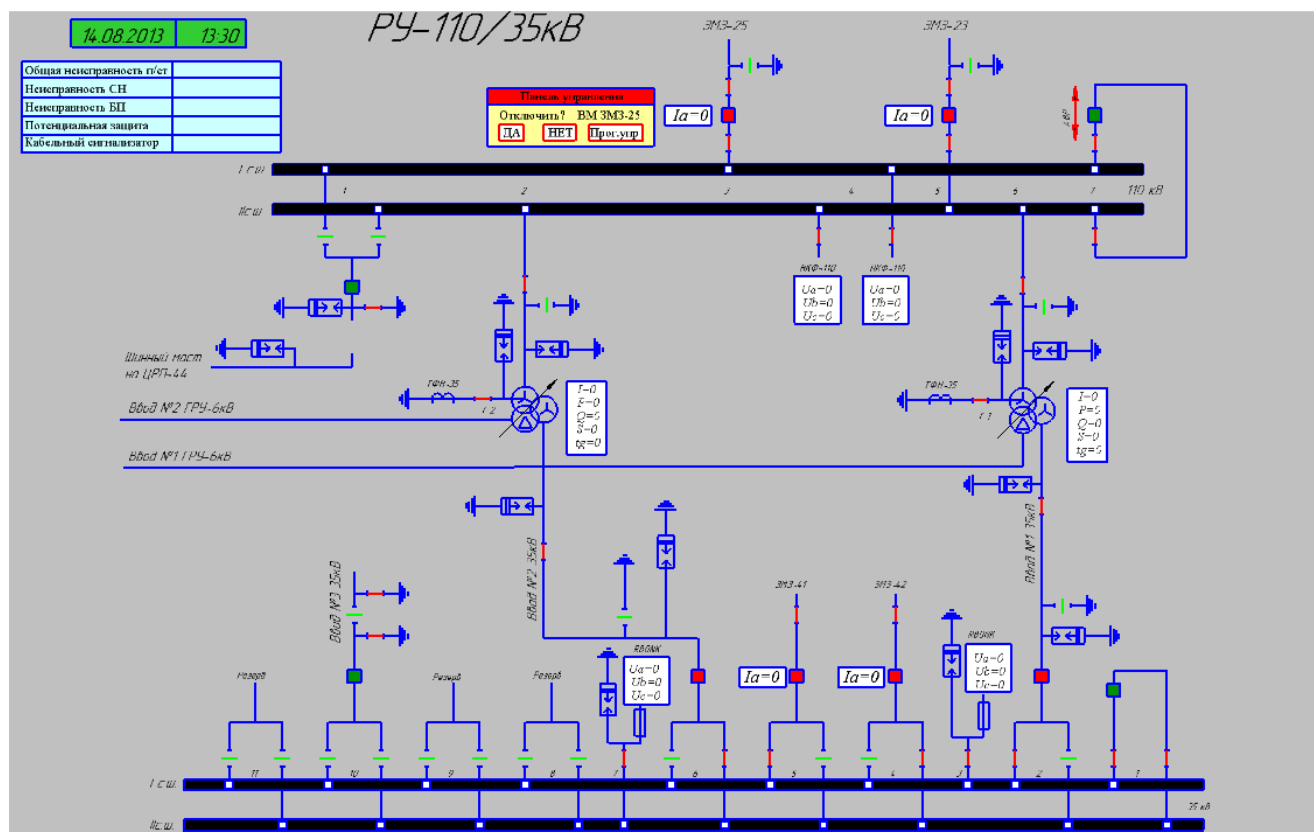


Рисунок 23 – Экран мнемосхемы ОРУ 110, ЗРУ 35кВ ПС ЗМЗ-4

Сигнализация, установленная на подстанциях, питается от цепей постоянного тока напряжением 220В информирует оперативный персонал об отклонениях произошедших в схеме, о срабатывании автоматических устройств, защит, автоматики и т. п. (рисунок 24).

На экран диспетчера выводится информация:

- об отклонении параметров от нормального режима работы, срабатывании устройств РЗА на сигнал или на отключение выключателей, при аварийных или самопроизвольных отключениях коммутационных аппаратов;
- сигнализация о срабатывании оперативных блокировок оборудования и об изменении положения коммутационных аппаратов;
- сигнализация об обнаруженных неисправностях технических средств АСДУЭ, исчезновении электропитания и т.п.

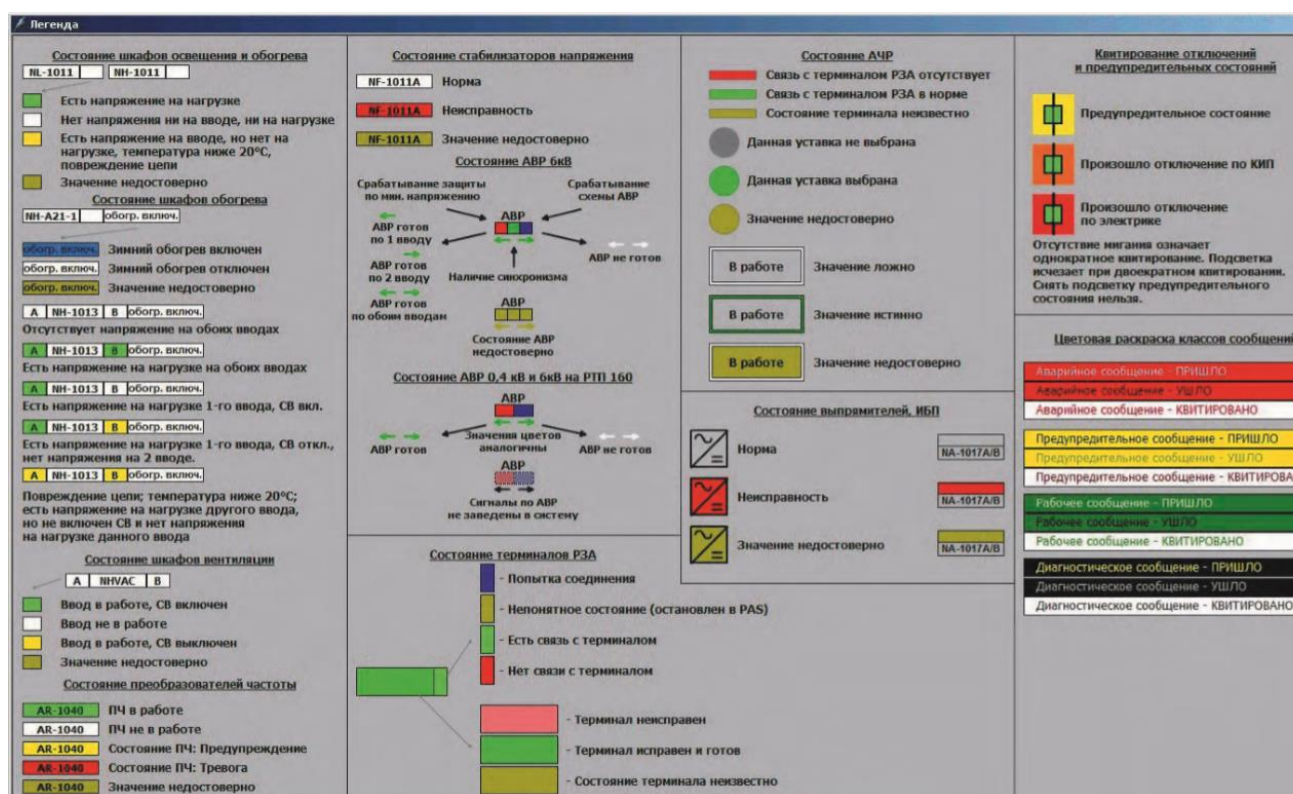


Рисунок 24 - Цветовая раскраска и обозначения на мнемосхемах

5.5 Технический учёт и контроль качества электроэнергии

В системе предусмотрена организация технического учёта электроэнергии на подстанциях. В качестве источника данных используются как измерительные преобразователи SIME AS P, так и терминалы РЗА SIPROTEC.

На подстанции 110 кВ предусмотрен технологический контроль качества электроэнергии на секциях 110 кВ, выполняемый устройствами SIMEAS Q, в которых на основании вычислений по мгновенным значениям напряжений определяются коэффициенты несинусоидальности, несимметрии, гармоник и другие параметры.

Выводы по разделу пять:

1) Нижний уровень состоит из шкафа МСКУ, включающего в себя контроллер ТМ 1703 АСР (СР-6014) с модулями сбора дискретных и аналоговых сигналов, а также модулями выдачи команд, шкафа визуализации и АЧР с панелями визуализации SIMATIC Panel PC 577В и шкафа ЦРАП.

2) Средний уровень состоит из шкафа сетевых коммутаторов (ШСК) с оборудованием РЗА, контроллерами ТМ 1703 АСР устройствами SICLOCK ТС-400 для синхронизации времени объектов управления, шкафа SICAM PAS с компьютерами промышленного исполнения SIMATIC Rack PC 647В.

3) Верхний уровень серверы SICAM PAS СС, Web-серверы и Web-клиент, АРМ диспетчера.

					13.03.02.2020.112.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		65

6 РАСЧЕТ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

6.1 Основные показатели экономической эффективности

Рассчитаем основной коэффициент экономической эффективности от проектирования и внедрения системы АСДУЭ в эксплуатацию, он будет зависеть от роста прибыли завода за счет более точного контроля распределения электроэнергии, снижения времени на устранение неисправности в сети, снижение потерь при производстве продукции.

В качестве количественного выражения экономической эффективности АСДУЭ примем годовую экономию от внедрения АСДУЭ ($\mathcal{E}_{\text{год}}$), расчётный коэффициент затрат (E_p), срок окупаемости капитальных затрат (T), годовой экономический эффект (\mathcal{E}).

Величина годовой экономии рассчитывается по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = \left(\frac{A_2 - A_1}{A_1} \right) \cdot \Pi_1 + \left(\frac{C_1 - C_2}{100} \right) \cdot A_2, \quad (6.1)$$

где, A_1, A_2 – годовой объём реализуемой продукции до и после внедрения АСДУЭ, млн. рублей;

C_1, C_2 – затраты на рубль реализуемой продукции после внедрения АСДУЭ;

Π_1 – прибыль от реализации продукции до внедрения АСДУЭ, тыс. рублей;

$((C_1 - C_2)/100) \cdot A_2$ – годовой прирост прибыли за счет снижения издержек производства, млн. рублей.

Годовой экономический эффект определяется по формуле:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_{\text{год}} - E_n \cdot K^{\text{АСДУ}}, \quad (6.2)$$

где, E_n – нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений в данной отрасли (в расчёте E_n принимается 0,33);

$K^{\text{АСДУЭ}}$ – капитальные вложения, связанные с созданием и внедрением АСДУЭ.

Эффективность затрат определяется показателями:

$$T = \frac{K^{\text{АСДУ}}}{\mathcal{E}_{\text{год}}};$$
$$E_p = \frac{\mathcal{E}_{\text{год}}}{K^{\text{АСДУ}}}. \quad (6.3)$$

					13.03.02.2020.112.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66

Внедрение системы считается достаточно эффективным, если расчётный коэффициент (E_p) затрат равен или больше нормативного ($E_{НВТ}$), т.е.

$$E_p \geq E_{НВТ}; T \leq \frac{I}{E_{НВТ}}, \quad (6.4)$$

В промышленности $E_{НВТ}$ принимается 0,3, следовательно, внедрение системы эффективно, если $E_p \geq 0,3$; $T \leq 3,3$ года.

Сумма капитальных затрат ($K_{АСДУЭ}$) на создание программно-технического комплекса (ПТК) привлечение сторонних организаций для разработки проекта привязки технических средств, прокладки линий связи, выполнение необходимых НИР, а также затраты на приобретение, монтаж технических средств АСДУЭ и реконструкцию помещения под размещение комплекса технических средств (КТС) системы сведем в таблицу 15.

Таблица 15 – Оценочная стоимость ПТК системы АСДУЭ

Наименование	Количество	Единица измерения	Стоимость с НДС (руб.)
Оборудование ПТК (sie-siemens+свей+rittal+ruggetcom+НР)	1	комплект	13 489 650,69
ТЗ на систему АСДУЭ	5	чел/день	56 258,27
ТЗ на конфигурирование ПТК	10	чел/день	112 516,54
Подготовка спецификаций	7	чел/день	78 761,58
Изготовление шкафов	90	чел/день	1 012 648,86
Консультации проектировщиков	10	чел/день	112 516,64
Параметрирование и конфигурирование ПТК АСДУЭ	60	чел/день	675 099,24
Разработка программ, протоколов испытаний	20	чел/день	225 033,08
Заводские испытания системы	25	чел/день	281 291,35
Пуско-наладочные работы	160	чел/день	1 925 399,68
Обучение технического персонала	5	чел/день	61 012,49
Разработка эксплуатационной документации	35	чел/день	427 087,43
Приемосдаточные испытания и сдача в опытную эксплуатацию	7	чел/день	85 417,49
Опытная эксплуатация	10	чел/день	122 024,98
Гарантийное обслуживание	10	чел/день	122 024,98
Разработка техно-рабочей документации			4 024 593,26
Итого $K_{АСДУЭ}$			22 838 336,46

Определение эксплуатационных расходов АСДУЭ.

Эксплуатационные расходы АСДУЭ($Z_{\text{ЭКС}}$) определяются по формуле:

$$Z_{\text{ЭКС}} = Z_{\text{ЗП}} + Z_{\text{АМ}} + Z_{\text{М}} + Z_{\text{Э}} + Z_{\text{ПР}}, \quad (6.9)$$

где, $Z_{\text{ЗП}}$ - расходы за год по зарплате и отчислениям на соцстрах персонала, занятого обслуживанием тех. средств системы, руб.;

$Z_{\text{АМ}}$ - сумма годовых амортизационных отчислений технических средств системы, руб.;

$Z_{\text{М}}$ - расход материалов и запчастей на текущий ремонт и содержание технических средств, руб.;

$Z_{\text{Э}}$ - стоимость потребляемой электроэнергии, руб.;

$Z_{\text{ПР}}$ - прочие расходы.

Для АСДУЭ требуется обслуживающего персонала 1 человек в одну смену. Существующий комплекс телемеханики обслуживается персоналом в количестве 2 человек в одну смену, т.е. обслуживающий персонал уменьшится вдвое. Учитывая, что предполагается использование сервера при четырёх сменном режиме работы требуется 4 диспетчера, 2 инженера РЗА 4-го и 5-го разряда. Расходы в год на зарплату обслуживающего персонала и отчисления на соцстрах составляют:

$$Z_{\text{ЗП}} = (5 \cdot 33000 + 1 \cdot 25000) \cdot 12 \cdot 1,34 = 3\,055\,200 \text{ руб.}$$

Норма амортизации средств АСДУЭ составляет 12%, т.е.

$$Z_{\text{АМ}} = 0,12 \cdot K_{\text{T}},$$

где K_{T} – стоимость технических средств, тыс. руб.

$$Z_{\text{АМ}} = 0,12 \cdot 13\,489\,561 = 1\,618\,747 \text{ руб.}$$

Стоимость материалов и запчастей на текущий ремонт и содержание технических средств, исходя из опыта эксплуатации технических средств АСДУЭ, составляет 1 - 1,5% от стоимости технических средств.

$$Z_{\text{М}} = 0,015 \cdot 13\,489\,561 = 202\,343 \text{ руб.}$$

Стоимость потребляемой электроэнергии определяется исходя из установленной мощности оборудования ($M_{\text{У}} = 115000$ кВт), годового фонда времени ($T=8760$), тарифа за 1 кВт/час электроэнергии ($\text{Ц}_{\text{Э}} = 2,3$ руб.) и коэффициентом интенсивности использования мощности ($B = 0,165$, согласно отраслевой методики определения эффективности АСДУЭ).

$$Z_{\text{Э}} = 115 \cdot 8760 \cdot 2,3 \cdot 0,165 = 382\,308 \text{ руб.}$$

					13.03.02.2020.112.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68

Стоимость прочих расходов складывается из стоимости затрат на содержание помещения (амортизационные расходы, расходы на освещение, отопление, уборку). Эти расходы не изменятся при внедрении АСДУЭ, т.к. технические средства будут установлены в зале ЦДП, где сейчас установлены и функционируют тех. средства диспетчеризации.

Определяется сумму эксплуатационных затрат:

$$Z_{\text{ЭК}} = 3\,055\,200 + 1\,618\,747 + 202\,343 + 382\,308 = 5\,258\,898 \text{ руб.}$$

6.2 Расчёт годовой экономии от внедрения автоматизированной системы диспетчерского управления

Экономический эффект от внедрения системы АСДУЭ может быть лишь косвенным, так как внедренные средства автоматизации это не прямой источник дохода, а вспомогательный, так как является средством организации получения прибыли, и помогает минимизировать затраты на устранение аварийных ситуаций.

Главный экономический эффект от внедрения системы АСДУЭ заключается в улучшении экономических и материальных показателей работы завода, за счет повышения оперативности управления оборудованием и сокращения расходов на обслуживающий персонал. Происходит экономия в виде трудовых и финансовых ресурсов, получаемой от: снижения трудоемкости расчетов, высвобождается персонал; более быстрый поиск и подготовка документов; сокращения обслуживающего персонала.

Диспетчеризация управления подстанциями завода с помощью АСДУЭ дает экономию потребляемой электроэнергии за счет резкого снижения заявленной мощности, увеличения коэффициента использования выделенного лимита мощности, снижения удельного коэффициента потребления энергии по цехам.

Диспетчеризация электроснабжения позволяет сократить потери из-за недоотпуска и некачественной продукции, так как уменьшится время на устранение и предупреждение аварийных ситуаций.

Применение высокоточных счетчиков электроэнергии позволит сэкономить 0,5-1% средств при расчетах с энергосбытовыми предприятиями.

Уменьшение числа кабельных связей в системе ведет к снижению капитальных затрат на оборудование до 10%.

Автоматическое диагностирование режимов работы оборудования, отслеживание выработки ресурса и, соответственно, своевременность ремонтных работ ведут к увеличению срока службы оборудования, снижению аварийности и затрат на ремонтные работы до 10%.

Снижение трудозатрат на обслуживание микропроцессорной техники, постоянная самодиагностика системы приводят к снижению общего количества необходимого обслуживающего персонала и экономии фонда заработной платы на 5-10%.

Исходя из статистических данных о расходах энергоресурсов за 2020 год

					13.03.02.2020.112.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		69

(рисунок 12) и применяя описанный метод расчёта плана расходов энергоресурсов, рассчитывается план расхода энергоресурсов каждого вида.

Выпуск продукции в течение суток в данном периоде практически постоянен (таблица 4), следовательно, можно оперировать с данными расхода как с данными удельного расхода. Рассчитывается среднюю величину расхода электроэнергии:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I}{20} \sum_{i=1}^{20} \mathcal{E}_i = 394, \quad (6.10)$$

где, \mathcal{E}_i - величина расхода за i - тые сутки.

Затем из статистической выборки удаляем значение расхода, превышающие $\mathcal{E}_{\text{ср}}$ как значение, характеризующее неэффективную работу в данные сутки.

Рассчитывается плановую величину суточного расхода:

$$\mathcal{E}_{\text{пл}} = \frac{I}{J} \sum_{j=1}^J \mathcal{E}_j, \quad (6.11)$$

где, $\mathcal{E}_{\text{пл}}$ - суточного расхода электроэнергии, не превышающее $\mathcal{E}_{\text{ср}}$, $\mathcal{E}_{\text{пл}} = 384$

J - количество указанных значений.

Величина возможной экономии электроэнергии составляет от месячного расхода:

$$\frac{\mathcal{E}_{\text{ср}} - \mathcal{E}_{\text{пл}}}{\mathcal{E}_{\text{ср}}} = \frac{10}{394} = 0,025, (2,5\%)$$

Итак, общая экономия за счет уменьшения расхода энергоресурсов при внедрении задачи управления расходом составит 1 804 800 руб.

Управление подстанциями на основе расчёта режимов системы электроснабжения позволит существенно сократить потери активной мощности и обеспечит повышение качества эксплуатации электроэнергии.

На основании отечественного и зарубежного опыта внедрение систем АСДУЭ обеспечивается сокращение потерь электроэнергии в электрической сети на уровне 0,3% от общего потребления электроэнергии.

В соответствии с указанным ожидаемый годовой эффект при ожидаемом годовом потреблении электроэнергии $P_{\text{сут}} = 28048,9$ кВт/ч и стоимости 1кВт·ч электроэнергии в размере: $C_{\text{п}} = 2,3$ руб. кВт/ч составит:

$$\mathcal{E}_{\text{п}} = P_{\text{сут}} \cdot 364 \cdot C_{\text{п}}, \quad (6.12)$$

$$\mathcal{E}_{\text{п}} = 0,03 \cdot 28048,9 \cdot 364 \cdot 2,3 = 704 476 \text{ руб.}$$

Кроме прямого экономического эффекта обеспечивается косвенный эффект за

					13.03.02.2020.112.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		70

счет повышения качества напряжения, улучшения эксплуатационных условий (понижаются технологические ущербы), увеличения сроков службы и межремонтных циклов электрооборудования.

В связи с отсутствием в настоящее время методики расчёта указанного экономического эффекта его ориентировочная величина \mathcal{E}_K обычно принимается в размерах 0,54% от общего электропотребления, что составит:

$$\mathcal{E}_K = 28048,9 \cdot 364 \cdot 0,54 \cdot 2,3 = 12\,680\,571 \text{ руб}$$

Экономия от сокращения численности персонала.

Расчёт показывает возможность сокращения 4 человек.

Экономия фонда заработной платы составит:

$$12 \cdot 4 \cdot 33000 \cdot 1,30 = 2\,059\,200 \text{ руб},$$

где, 4 - количество сокращаемого персонала;

33000 - средняя месячная заработная плата;

1,30 - значение коэффициента отчисления на соцстрах.

Экономия по учитываемым статьям составит:

$$\mathcal{E} = 1\,804\,800 + 704\,476 + 12\,680\,571 + 2\,059\,200 = 17\,249\,047 \text{ руб.}$$

6.3 Расчёт годового экономического эффекта

Годовая экономия от внедрения АСДУЭ составит:

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = \mathcal{E} - \mathcal{Z}_{\text{ЭКС}} = 17\,249\,047 - 5\,258\,898 = 11\,990\,149 \text{ руб.} \quad (6.13)$$

Годовой экономический эффект составит:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_{\text{год}} - E_H \cdot K_{\text{АСДУЭ}}, \quad (6.14)$$

$$\mathcal{E} = 11\,990\,149 - 0,33 \cdot 22\,838\,336 = 4\,453\,498 \text{ руб.}$$

Определяется расчётный коэффициент затрат:

$$\mathcal{E}_P = \frac{\mathcal{E}_{\text{год}}}{K_{\text{АСДУЭ}}}, \quad (6.15)$$

$$\mathcal{E}_P = \frac{11\,990\,149}{22\,838\,336} = 0,525$$

Срок окупаемости системы будет равен:

					13.03.02.2020.112.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		71

$$T = \frac{1}{\Delta_p} = \frac{1}{0,525} = 1,9 \text{ (год)}.$$

Выводы по разделу шесть:

- 1) Капитальные затраты на создание АСДУЭ составили 22 838 336 руб.;
- 2) Эксплуатационные затраты составили 5 258 898 руб. в год;
- 3) Годовая экономия от внедрения АСДУЭ 11 990 149 руб.;
- 4) Срок окупаемости системы будет равен 1,9 года это меньше нормативного срока - 3,3 года, следовательно, разработка и внедрение автоматизированной системы диспетчерского управления электроснабжением ООО «ЗМЗ» будет эффективна.

					13.03.02.2020.112.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72

7 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

7.1 Краткое описание производственного участка

В выпускной квалификационной работе производится разработка АСДУЭ Златоустовского металлургического завода специализирующегося на производстве металлопродукции нержавеющей, инструментальных, легированных конструкционных, быстрорежущих, штамповых, жаропрочных и прецизионных марок стали и сплавов, поставка которых осуществляется на внутренний и внешний рынок.

В составе завода функционируют два электросталеплавильных, два прокатных, молотовый и термокалибровочный цех.

Центральный диспетчерский пункт (ЦДП) расположен на территории завода использует устройства вычислительной и микропроцессорной техники.

ЦДП обеспечивает непрерывный контроль и оперативное управление электрическим хозяйством завода, а также ликвидирует возникающие аварийные ситуации в кратчайшие сроки, заранее принимает меры по устранению возможных перебоев в электроснабжении.

7.2 Анализ вредных и опасных производственных факторов

На диспетчера во время работы действуют различные фактора вредного воздействия, дисплей и процессорный блок компьютера, микроклимат; техника; нарушение режима труда и отдыха; эмоциональные факторы.

Значительным физическим фактором является микроклимат рабочей зоны, особенно температура и влажность воздуха. Постоянное нахождение диспетчера в процессе теплового взаимодействия с окружающей средой в сочетании с высокой влажностью воздуха оказывает большое влияние на его работоспособность. Увеличивая время его реакции, нарушая координацию движения из-за чего резко увеличивается число ошибочных действий. Повышенная температура окружающей среды отрицательно влияет на психологические функции диспетчера, которые ему необходимы во время работы в результате чего понижается внимание, уменьшается объём оперативной памяти, снижается способность к ассоциациям.

Во время работы на металлургическом заводе диспетчер сталкивается:

- с изменение состава воздуха, вызванное загрязнением различными газами;
- действием механических сил, ведущих к вибрации и различным видам шумов;
- физическими нагрузками, связанными с длительным пребыванием в позе сидя;
- длительной работой на протяжении 12 часов, вызывающей утомление;
- воздействием электрического тока, путь которого в случае замыкания может пройти через тело человека;
- изменение освещенности или недостаточная освещенность способствующая развитию близорукости.

					13.03.02.2020.112.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		73

Во время работы диспетчеру приходится нарушать режим труда и отдыха которые необходимы для нормального функционирования организма, у него нет достаточного времени для восстановления сил после утомления, ему приходится неправильно использовать перерывы между работой и отдыхом, так как перерыва на обед у него нет, его работа заключается в постоянном контроле за оборудованием.

Умственное и зрительное напряжение, нервно-психические нагрузки, переизбыток информации приводит к быстрому утомлению человека, цветовое оформление помещения и спектральные характеристики используемого света, от этого зависит надежность приема информации, психологическое и физиологическое состояние диспетчера.

К опасным и вредным факторам, влияющим на работу диспетчера также относятся персональный компьютер и монитор, которые являются источником электромагнитного излучения, оказывающее влияние на нервную и сердечно-сосудистую систему человека.

7.3 Выбор нормативных значений факторов рабочей среды

Нормирование параметров микроклимата в рабочей зоне производится в зависимости от времени года, а также категориям работ, рассчитывающихся из энергозатрат и избытку явного тепла.

Вычислительная работа, производимая диспетчеров в помещении ЦДП будет относиться к категории «лёгкая физическая», характеристики которой приведены в таблице 16.

Таблица 16 – Тип работы по энергозатратам

Работа	Категория	Энергозатраты организма	Характеристика работы
Лёгкая физическая	16	От 500,5 до 625,5 кДж/ч (150 ккал/ч)	Проводится сидя, стоя, или связанная с ходьбой, но не требующая систематического, физического напряжения или поднятия и переноски тяжестей.

Согласно СанПиН 2.2.2.542 – 96 в производственных помещениях, в которых работа выполняется на ПК, температура, относительная влажность и скорость движения воздуха на рабочих местах должны соответствовать действующим санитарным нормам производственных помещений. Оптимальные нормы для помещений с ПК приведены в таблице 17.

Рабочее место диспетчера для выполнения работ проходящих в основном в положении сидя должно соответствовать требованиям эргономики и технической эстетики. Иначе в результате неправильного нахождения за рабочим столом может произойти искривление осанки, развиться грыжа межпозвоночных дисков шейного или поясничного отделов, перенапряжение мышц шеи, плеча и грудной

клетки. В таблице 18 представлены нормативные значения для правильной организации рабочего места.

Таблица 17 – Оптимальные нормы для помещений

Период года	Категория работ	Температура воздуха, °С не более	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный (температура наружного воздуха +10°С и ниже)	Лёгкая – 1б	21-23	40-60	0,1
Тёплый (температура наружного воздуха выше +10°С)	Лёгкая – 1б	22-24	40-60	0,2

Таблица 18 — Нормативные значения эргономических параметров рабочего места

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

Выбранные параметры организации рабочего места считается соответствующим требованиям, если значение отклоняется от нормативного не более чем на ±10 мм (по линейному параметру) и на 1° (по угловому параметру).

Источниками вредного излучения являются дисплеи, блоки микропроцессорного оборудования, а также процессоры компьютеров, находящиеся в оперативной комнате диспетчера. В реальных условиях электромагнитные поля относительно невелики по уровню, неоднородны в пространстве и нестационарные во времени, их можно снизить по уровню электромагнитного поля если хорошо заземлить оборудование.

Помещения, где расположены персональные компьютеры диспетчера должны иметь естественное и искусственное освещение. На поверхности стола освещенность в зоне размещения рабочей документации должна быть 300-500лк, причем яркость документа на рабочем месте должна быть не менее 85 кд/м². Свет падающий с окон рабочей комнаты не должен создавать бликов на поверхности экрана монитора, яркость бликов на экране ПК не должна превышать 40 кд/м². Для создания искусственной освещенности необходимо применять в качестве источников света преимущественно люминесцентные лампы типа ЛБ, возможно так же применение ламп накаливания и светильников местного освещения. Светильники должны быть обязательно оборудованы рассеивателями и экранирующими решетками. Яркость светящихся поверхностей (окна, светильники и др.), находящихся на рабочем месте диспетчера должна быть не более 200 кд/м², а яркость потолка при применении системы отраженного освещения не должна превышать 200 кд/м².

Рекомендуемые соотношения яркостей в поле зрения во время работы диспетчера следующие:

- между экраном и документом 1:5 - 1:10;
- между экраном и поверхностью рабочего стола 1:5;
- между экраном и клавиатурой, клавиатурой и документом - не более 1:3;
- между экраном и окружающими поверхностями 1:3 - 1:10.

Рабочие места диспетчера по отношению к световым проёмам должны располагаться так, чтобы естественный свет падал сбоку, преимущественно слева. В таблице 19 приведены нормы проектирования естественного и искусственного освещения для третьего разряда зрительной работы по СНиП II-4-710.

Таблица 19 - Нормы естественного и искусственного освещения

Характеристика зрительной работы	Максимальный размер объекта, мм	Искусственное освещение, лк		Естественное освещение, КЕО %	
		Комбинированное	общее	верхнее	боковое
очень высокой точности	От 0,15 до 0,3	1000	300	7	2,5

Диспетчерский персонал должен проходить обязательные (при приёме на работу) и периодические медицинские осмотры. Диспетчерский персонал женского пола во времена беременности, а также в период кормления ребенка грудью к выполнению всех видов работ, связанных с использованием видео дисплейных терминалов, не допускают.

В помещениях, где работает диспетчерский персонал вибрация, инфракрасное излучение и ультразвук отсутствуют. Источниками шума в диспетчерской являются работающие компьютеры и периферийные устройства. Согласно ГОСТ 12.1.003 – 89 ПДУ допустимым уровнем звукового давления в октавных полосах частот, уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочем месте следует принимать данные из таблицы 20.

Таблица 20 - Допустимые уровни звукового давления

Параметры	Значения							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Октавные полосы, Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Уровни звукового давления, дБ	71	61	54	49	45	42	41	38

Шум в помещениях диспетчерской соответствует допустимому уровню звукового давления, дополнительных мер изоляции не нужно.

7.4 Охрана труда

7.4.1 Общие требования охраны труда

К работе в должности диспетчера завода допускаются работники, имеющие соответствующую выполняемой работе квалификацию, прошедшие вводный и первичный инструктаж по охране труда на рабочем месте.

Находясь в должности диспетчер независимо от квалификации и стажа работы, должен не реже одного раза в шесть месяцев проходить повторный инструктаж по охране труда, в случае нарушения персоналом инструкций по охране труда, а также при перерывах в работе более чем на 2 месяца, диспетчер должен пройти внеплановый инструктаж.

Диспетчер, не прошедший инструктажи по охране труда и не сдавший экзамен по охране труда к самостоятельной работе не допускается.

Перед началом работы с персональным компьютером диспетчер должен пройти обучение по обращению с ПК, изучить инструкцию по его эксплуатации, а также пройти специальный инструктаж по электробезопасности для получения группы I.

Все работники, находящиеся в должности диспетчера перед приемом на работу и в дальнейшем должны проходить медицинские осмотры не реже чем один раз в год.

Диспетчерский персонал женского пола во время беременности, а также во время кормления ребенка грудью должен быть переведен на работу, не связанную с использованием персональных компьютеров, или для них должно быть ограничено время работы с ПК не более 3х часов за рабочую смену.

Диспетчер завода выполняющий работу, должен:

- знать элементарные понятия об оборудовании, с которым он работает;
- рационально организовывать свое рабочее место;
- выполнять санитарно-гигиенические требования при выполнении работ;
- стараться оградить себя от опасных и вредных производственных факторов,

которые могут оказывать неблагоприятное воздействие во время работы;

- соблюдать правила, нормы и инструкции по охране труда и пожарной безопасности.

- правильно пользоваться первичными средствами пожаротушения;

- знать способы оказания первой помощи при несчастных случаях;

- выполнять правила внутреннего трудового распорядка завода.

Диспетчер при направлении его на другую работу несвойственную его должности, должен пройти целевой инструктаж по безопасному выполнению предстоящей работы.

Диспетчер не должен пользоваться инструментом, инвентарем и оборудованием, безопасному обращению с которым он не обучен.

Диспетчер при выполнении работ должен соблюдать требования пожарной безопасности, чтобы предупредить возможность возникновения пожара, а также не допускать нарушения этих правил другими работниками предприятия. Курить на территории предприятия разрешается в специально отведенных для этого местах, оборудованных вентиляцией.

Диспетчер обязан соблюдать правила внутреннего трудового распорядка, следовать трудовой и производственной дисциплине предприятия.

Диспетчер обязан оказывать пострадавшему, с которым произошел несчастный случай всю необходимую медицинскую помощь следуя правилам оказания первой медицинской помощи, после чего сообщить о случившемся в отдел охраны труда, сохранить обстановку происшествия, если это не создает опасности для окружающих.

Для предупреждения возможности заболеваний диспетчеру следует соблюдать правила личной гигиены, в том числе, перед приемом пищи необходимо тщательно мыть руки с мылом.

Диспетчер завода, который нарушил требований инструкции по охране, а также трудовой распорядок производства труда может быть привлечен к дисциплинарной ответственности, если последствия были тяжелые, то и к уголовной, при причинении производству материального ущерба, виновный может понести и материальную ответственность в установленном порядке.

7.4.2 Требования охраны труда перед началом работы

Диспетчеру перед началом работы необходимо рационально организовать свое рабочее место помня, что площадь на одно рабочее место при использовании плоских дискретных экранов (жидкокристаллических, плазменных) - 4,5 м². Располагать видеомонитор необходимо экраном от окна, для того чтобы в процессе работы не возникало перенапряжение зрительного анализатора, в следствии бликов света на клавиатуре и экране.

Перед начало работы:

- следует протереть экран монитора от пыли, которая интенсивно оседает на нем в следствии заряда от статического электричества, для повышения контрастности изображения;

					13.03.02.2020.112.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		78

- убрать с рабочего места все лишние предметы, не используемые в работе;
- проверить исправность ПК целостность электрического шнура, вилки и розетки, с помощью которых осуществляется питание компьютера.
- проверить исправность оборудования и подготовить его к работе;
- убедиться в отсутствии резких теней, а также достаточности и равномерности освещения рабочего места, а все предметы, которыми предстоит пользоваться должны быть отчетливо различимы.

Диспетчер должен лично убедиться в правильности принятых им мер для безопасного выполнения работ, если возникли какие-либо сомнения в безопасности выполнения работы он не должен приступать к работе.

7.4.3 Требования охраны труда во время работы

Все работы диспетчер должен выполнять в той последовательности, которая указана в инструкции по эксплуатации оборудования которое он использует.

При подключении оборудования к электрической сети используется шнур питания в резиновой изоляции, поставляемый в комплекте с оборудованием, не разрешается использовать самодельные электрические шнуры для подключения к сети. Электрическое оборудование необходимо включать или выключать, берясь за колодку штепсельной вилки, не в коем случае нельзя для этой цели брать за электрический шнур.

Электрическое оборудование, находящееся в обслуживании диспетчера должно быть заземлено, во избежание электротравм нельзя снимать кожухи с оборудования во время работы.

Нельзя касаться руками при замене предохранителей металлического корпуса электрооборудования, а также токоведущих частей электрооборудования.

На электрическое оборудование запрещается складывать посторонние предметы, документы и т.п.

При необходимости покинуть рабочее место диспетчеру запрещается передавать свою работу работнику, не имеющему права работы на диспетчерском пульте.

При работе за персональным компьютером необходимо выбрать рациональную позу, чтобы снизить утомляемость, а также отрегулировать монитор с помощью поворотного механизма в соответствии с выбранной позой. Рабочий стул диспетчера должен обеспечивать поддержание выбранной рабочей позы, а также легко изменять её с целью снижения статического напряжения мышц шейно-плечевой области и спины для предупреждения развития утомления.

Кресло должно регулироваться с учетом роста диспетчера и производимой им работы, иметь подъемно-поворотный и регулируемый механизм по высоте и углам наклона сиденья и спинки. А также производить регулировку расстояния спинки от переднего края сиденья, при этом настройка каждого параметра должна быть независимой, легко осуществляемой и иметь надежную фиксацию. Поверхность кресла (сиденье, спинка и другие элементы) должна быть полумягкой, с нескользящим, слабо электризующимся и воздухопроницаемым

					13.03.02.2020.112.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		79

покрытием, которую можно легко очистить от загрязнений.

Конструкция рабочего кресла диспетчера должна обеспечивать:

- ширина и глубина поверхности сиденья не меньше 400 мм;
- поверхность сиденья выполняется с закругленным передним краем;
- возможность регулировки высоты поверхности сиденья в пределах 400-550 мм и углам наклона вперед до 15° и назад до 5°;
- высоту опорной поверхности спинки 300+20 мм, ширину - не менее 380 мм и радиус кривизны горизонтальной плоскости - 400 мм;
- угол наклона спинки в вертикальной плоскости в пределах $0 \pm 30^\circ$;
- регулировку расстояния спинки от переднего края сиденья в пределах 260-400 мм;
- стационарные или съемные подлокотники длиной не менее 250 мм и шириной - 50-70 мм;
- регулировку подлокотников по высоте над сиденьем в пределах 230 ± 30 мм и внутреннего расстояния между подлокотниками в пределах 350-500 мм.

Стол диспетчера должен легко регулироваться по высоте в пределах 680-800 мм с учетом индивидуальных особенностей персонала, если такая возможность отсутствует, то высота стола должна составлять 725 мм. Рабочий стол должен иметь пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной - не менее 500 мм, глубиной на уровне колен - не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног - не менее 650 мм.

Рабочее место диспетчера во время использования персонального компьютера следует оборудовать подставкой для ног шириной 300 мм, глубиной 400 мм, а также с возможностью регулировать ее по высоте в пределах до 150 мм и по углу наклона до 20°. Её поверхность должна быть рифленой и иметь по переднему краю бортик высотой 10 мм.

Клавиатура должна располагаться на расстоянии 100-300 мм от края поверхности стола, или на специальной столешнице, регулируемой по высоте.

Экран видеомонитора должен находиться от глаз диспетчера на расстоянии 600-700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров алфавитно-цифровых знаков и символов. На экране монитора необходимо установить оптимальный световой режим, чтобы уменьшить напряжение в глазном яблоке, при этом рекомендуются использование ненасыщенных цветов, таких как светло-зеленый, желто-зеленый, желто-оранжевый, желто-коричневый, следует избегать такие цвета как красный, синий, ярко-зеленый. Чтобы уменьшить зрительную утомляемость символы на экране монитора должны быть темные, а экран светлый.

Диспетчеру необходимо соблюдать установленный режим труда и отдыха с целью снизить зрительную и костно-мышечную утомляемость.

Диспетчер во время работы должен вести себя как можно спокойнее и выдержаннее, быть внимательным и не отвлекаться от выполнения своих обязанностей, избегать при этом конфликтных ситуаций, так как они могут вызвать нервозность, что отразится на безопасности труда.

					13.03.02.2020.112.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		80

7.4.4 Требования охраны труда в аварийных ситуациях

Когда возникают какие-либо неполадки в работе диспетчерского оборудования (например, при появлении напряжения на нетоководующих частях пульта) диспетчеру необходимо прекратить работу, выключить оборудование, вывесить предупреждающую табличку и сообщить об этом службе по ремонту микропроцессорного оборудования. Запрещается самому устранять технические неполадки оборудования, залазить в микропроцессорные блоки, и производить работу при снятом корпусе системного блока.

Если произошло отравление персонала или самого диспетчера, а также если кто-нибудь внезапно заболел необходимо немедленно оказать первую помощь пострадавшему, вызвать скорую помощь или доставить пострадавшего в больницу, а затем сообщить о случившемся в отдел охраны труда.

Диспетчер должен досконально знать инструкцию оказания первой помощи и уметь применять ее при необходимости.

При различных ранениях пользоваться дезинфицирующими средствами, так как в рану могут легко попасть микробы, находящиеся на орудии ранения, коже пострадавшего, а также на руках оказывающего помощь или грязном перевязочном материале.

При оказании первой помощи при ранениях, необходимо знать следующие правила:

- запрещается промывать рану проточной водой, а также использовать для этого какие-либо лекарственные вещества, порошки или различные мази, так как это будет препятствовать заживлению раны, вызывать нагноение, появляется возможность занести инфекцию в рану;

- по возможности осторожно очистить рану, снимая грязь вокруг начиная от краев поврежденного участка наружу, чтобы не занести инфекцию, после чего очищенный участок кожи нужно смазать йодом и наложить повязку;

- перевязочный материал необходимо взять из аптечки, бинт необходимо накладывать, аккуратно не касаясь руками той его части, которая должна быть наложена непосредственно на рану.

- если аптечки на месте происшествия под рукой нет, то для наложения повязки можно использовать подручный материал чистый платок, чистую ткань и т.п., запрещается на место ранения накладывать вату;

- до наложения повязки оказывающий помощь должен продезинфицировать руки, капнуть несколько капель йода на перевязочный материал так чтобы получилось пятно чуть больше раны, затем только наложить повязку соприкасаясь местом с йодом и раной.

Первая помощь оказывается после устранения причины повреждения, незамедлительно непосредственно на месте происшествия.

Правила оказания первой помощи при электротравме:

- необходимо освободить пострадавшего от действия электрического тока и вызвать скорую помощь, оценить его состояние;

- если пострадавший находится в сознании, его необходимо уложить на

вертикальную поверхность и до прибытия врача обеспечить полный покой, не позволяя при этом шевелиться, непрерывно наблюдать за его дыханием и пульсом;

- если пострадавший находится бес сознания, но у него присутствует дыхание и пульс, его следует удобно уложить на спину, расстегнуть поясной ремень освободить грудную клетку, создать приток свежего воздуха, дать понюхать нашатырный спирт, обрызгать водой и обеспечить полный покой;

- если у пострадавшего затруднено дыхание, приступить к реанимационным действиям, производить их необходимо до прибытия скорой помощи.

При обнаружении пожара или признаков горения (задымление, запах гари, повышение температуры и т.п.) диспетчер обязан позвонить в пожарную службу по телефону 01.

В случаи возгорания на электрооборудовании его необходимо отключить от питающей сети и приступить к тушению пожара подручными средствами, при этом следует помнить, что оборудование, находящееся под напряжением запрещается тушить водой или пеной, следует применять порошковые или углекислотные огнетушители, а также песок или асбестовые покрывала.

7.4.5 Требования охраны труда по окончанию работ

По окончании работы диспетчер должен привести свое рабочее место в порядок, передать по смене используемое оборудование в рабочем и исправном состоянии, убрать со стола документы, которые не нужны для сдачи смены.

Доложить своему непосредственному руководителю обо всех замеченных в процессе работы неполадках и неисправностях используемого диспетчерского и вспомогательного оборудования, а также о других нарушениях требований охраны труда.

По окончании работы следует тщательно вымыть руки тёплой водой с мылом.

7.5 Эргономика и производственная эстетика

Эргономика –это цель обеспечить комфортность, эффективность, безопасность рабочего процесса. Необходимость создания благоприятных условий для состояния диспетчера, которые способствовали бы сохранению его здоровья и уменьшили утомляемость во время работы.

ЦДП находится на территории промышленного предприятия, поэтому оптимальная температура воздуха в помещении диспетчерской должна быть +19° +23°С, относительная влажность воздуха около 55%. Для обеспечения этих параметров необходимо применять системы вентиляции и отопления.

Для поддержания необходимых значений температуры и влажности в основном применяют кондиционеры со встроенным вентилятором. Кондиционер будет поддерживать заданные параметры микроклимата в течение всего года, очищать воздух от пыли и вредных веществ, не давать возможность попасть неочищенному воздуху в помещение диспетчерской. Также в диспетчерской предусмотрена естественная вентиляция через окна и форточки. Для повышения влажности воздуха в помещении установить увлажнители воздуха, управляемые ежедневно дистилли-

					13.03.02.2020.112.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		82

рованной или прокипяченной питьевой водой.

В помещении ЦДП необходимо создать оптимальные условия для зрительной работы диспетчера, так как свет влияет на психологическое состояние и настроение, обмен веществ, гормональный фон и умственную активность человека. Освещенность рабочего места при смешанном освещении (в горизонтальной плоскости в зоне размещения клавиатуры и рабочих документов) должна быть в пределах от 300 до 500 Лк. Основной поток естественного света должен быть слева, солнечные лучи и блики не должны попадать в поле зрения работающего и на экраны видеомониторов.

Естественное освещение должно осуществляться через световые проёмы, ориентированные преимущественно на север и северо-восток. Естественное освещение в комнате диспетчеров осуществлено окнами, находящимися с правой стороны от стола. Величина коэффициента естественной освещенности (к.е.о.) соответствует нормативным уровням по СНиП 23–05–95 «Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования».

Искусственное освещение должно осуществляться системой общего равномерного освещения, светильники следует располагать локализовано над рабочим столом ближе к его переднему краю, обращенному к диспетчеру. В качестве источников света при искусственном освещении должны применяться преимущественно лампы накаливания либо люминесцентные лампы с повышенной частотой мерцания.

Произведем расчет искусственного освещения на щите управления.

Размеры помещения: длина $A = 15\text{м}$; ширина $B = 9,5\text{м}$; высота $H = 4,75\text{м}$. Система освещения общая равномерная, светильник светодиодный ECOSPACE подвесной EL-ДПО-01-036-0084-20X с лампами которые имеют следующие характеристики: мощность $W=36\text{Вт}$, напряжение питания $U=220\text{В}$.

Расчет выполняется методом коэффициента использования светового потока, в следующем порядке[23]:

1) определяется высота подвеса светильника над рабочей поверхностью:

$$H_{\Pi} = H - h_p - h_c, \quad (7.1)$$

где H – высота рассматриваемого помещения, $H=4,75$ м;

h_p – высота рабочей поверхности, $h_p=0,8$ м;

h_c – высота светильника, $h_c = 1,75$ м.

$$H_{\Pi} = 4,75 - 0,8 - 1,75 = 2,2 \text{ м.}$$

2) определяется индекс помещения i :

$$i = \frac{A \cdot B}{H_{\Pi} \cdot (A + B)}, \quad (7.2)$$

					13.03.02.2020.112.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		83

где A - длина рассматриваемого помещения, м;
 B – ширина рассматриваемого помещения, м;
 $H_{\text{п}}$ – высота подвеса светильника над рабочей поверхностью, м.

$$i = \frac{15 \cdot 9,5}{2,2 \cdot (15 + 9,5)} = 2,64 \approx 2,5.$$

3) выбирается коэффициент использования светового потока лампы (%), зависящий от типа лампы, типа светильника, коэффициента отражения потолка и стен, высоты подвеса светильников и индекса помещения, $\eta=65\%$;

4) выбирается коэффициент запаса $K = 1,1$;

5) определяется количество светильников N , шт., при условии равномерного освещения:

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{100 \cdot E_{\text{н}} \cdot S \cdot Z \cdot K}{N \cdot n \cdot \eta}, \quad (7.3)$$

выразим N :

$$N = \frac{100 \cdot E_{\text{н}} \cdot S \cdot Z \cdot K}{\Phi_{\text{л}} \cdot n \cdot \eta}, \quad (7.4)$$

где $\Phi_{\text{л}}$ –световой поток одного светильника, 3600 Лм;

$E_{\text{н}}$ –нормируемая минимальная освещенность, 200 лк;

S –площадь освещаемого помещения, 142,5 м²;

Z –коэффициент минимальной освещенности, определяемый отношением $E_{\text{ср}}/E_{\text{min}}$ значения которого, для светодиодных светильников–1;

K –коэффициент запаса, равный 1,1 ;

γ – коэффициент затенения рабочего места работающим, равно 0,9;

η –коэффициент использования светового потока лампы (%), зависящий от типа лампы, типа светильника, коэффициента отражения потолка и стен, высоты подвеса светильников и индекса помещения i , равный 65%.

$$N = \frac{100 \cdot 200 \cdot 142,5 \cdot 1 \cdot 1,1}{3600 \cdot 0,9 \cdot 65} = 12,06 \approx 12 \text{ шт.}$$

Для освещения помещения диспетчерской установим 12 светодиодных светильников. На рабочем столе диспетчера установим светодиодную настольную лампу. Освещенность рабочих мест составит 200Лм при норме освещения 200Лм, следовательно, установка дополнительного освещения не требуется.

					13.03.02.2020.112.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		84

Чтобы обеспечить выполнение норм освещенности в помещении диспетчерской необходимо проводить чистку стекол оконных рам и светильников не реже двух раз в год и проводить своевременную замену перегоревших ламп.

В процессе работы необходима не только эргономика рабочего места, но и рациональное планирование рабочего пространства. Рабочая зона должна быть организована таким образом, чтобы эффективность работы сотрудников поднялась на 15-25%.

Мебель в оперативной комнате диспетчера расположить так чтобы до нужных в ежедневной работе полок, шкафов, тумб можно достать, просто вытянув руку. Благодаря такому расположению мебели исключаются лишние затраты энергии, а все силы направляются на решение рабочих задач, это позволит сэкономить порядка 30% времени и, соответственно, облегчит труд диспетчера.

Пример расположения мебели на рабочем месте диспетчера представлен на рисунке 25.

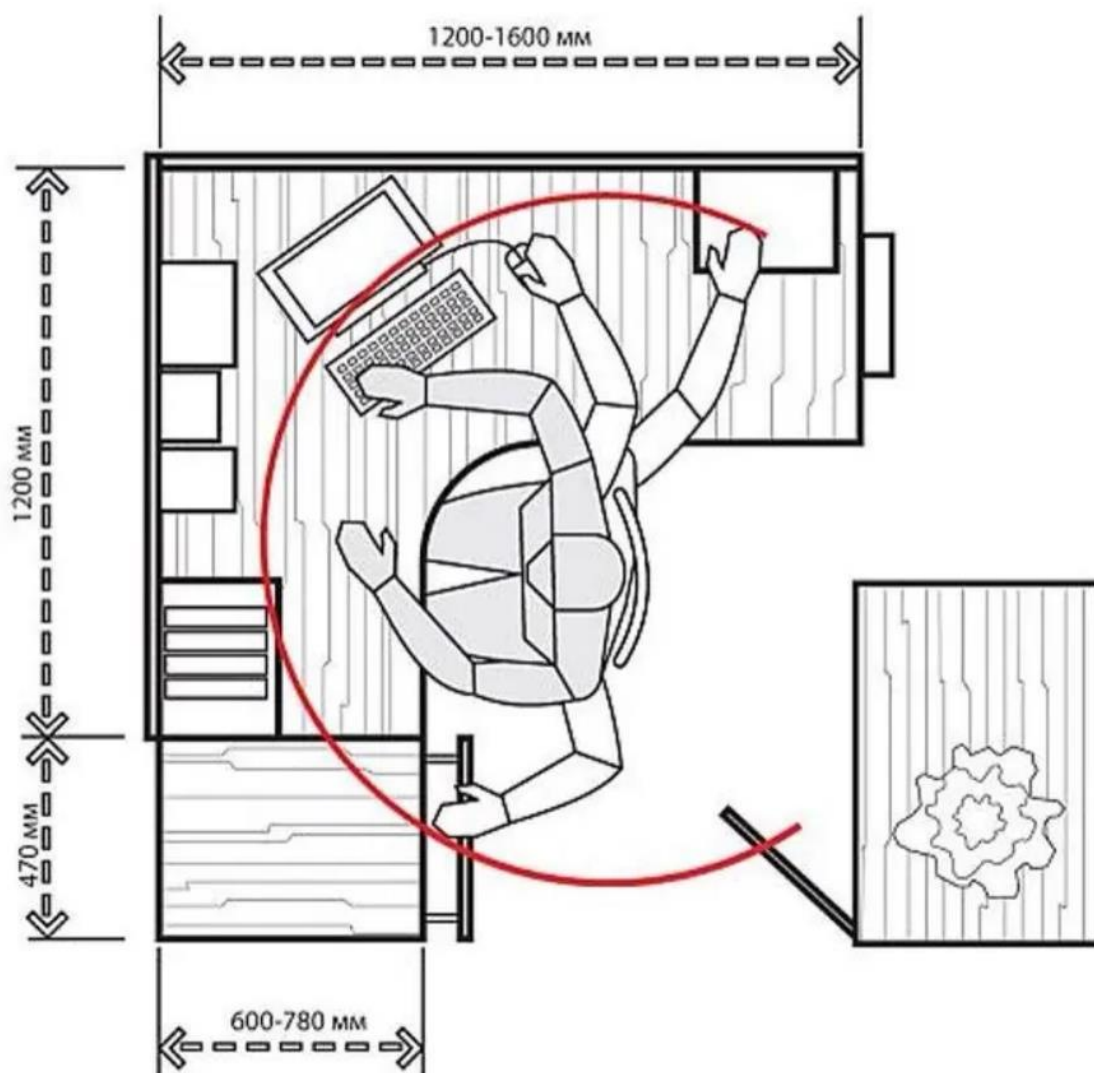


Рисунок 25 - Расположения мебели на рабочем месте диспетчера

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.02.2020.112.00.00 ПЗ ВКР

Лист

85

органы управления с средствами отображения информации. А также учесть то как часто информация будет использоваться.

Информация о состоянии оборудования и пульт управления располагаются так чтобы: схемы подстанций находились – в пределах оптимальной зоны; аварийные – в легко доступных местах(Б); схемы состояния устройств релейной защиты– не в оптимальных зонах (В). С рабочего места диспетчера должен быть обеспечен обзор и видимость всего оборудования, аварийные отключения должны быть обозначены красным цветом, легкость управления. Пульт управления и все его кнопки располагается в зоне досягаемости, причем часто используемые на расстоянии вытянутой руки.

Диспетчерам необходимо соблюдать рациональный режим труда и отдыха, установленный с учетом психофизиологической напряженности труда. Работать за монитором компьютера диспетчеру необходимо не более четырёх часов при 12 часовом рабочем дне, а количество обрабатываемых символов (знаков) 30 тыс. за 4 часа работы. Вводятся перерывы в работу длительностью 10 минут через каждые 2 часа работы. Чтобы снизить утомляемость необходимо перераспределять нагрузку во время работы, например, чередовать ввод данных, редактирование программ, печать документов или чтение информации с экрана.

Снизить уровень шума в помещениях с ПК можно путём использования звукопоглощающих материалов с максимальными коэффициентами звукопоглощения, рациональной планировкой помещения.

Дополнительным звукопоглощением служат однотонные занавеси из плотной ткани либо жалюзи с регулируемым устройством. Ширина занавеси должна быть в 2 раза больше ширины окна.

В диспетчерской располагается: мебель индивидуального и группового пользования; пульты, щиты, устройства отображения информации; устройства и приспособления декоративного оформления интерьера; устройства для зонирования помещения; устройства для кондиционирования воздуха; средства вычислительной и организационной техники. Диспетчерская разделена на три зоны рабочую, отдыха и питания.

Для максимального использования рабочей зоны столы расположить один возле другого оставив проход с обеих сторон стола. Столы не должны стоять лицом к лицу, прямо перед стеной или другой преградой. Шкафы с документацией располагают у стен, а шкафы с одеждой у входа.

Вся необходимая документация и письменные принадлежности для ее ведения должны иметь постоянное место хранения, выбранные в строгом соответствии с частотой их использования в течение рабочего дня, чем чаще используется какой-либо предмет, тем ближе он должен находиться и легче извлекаться.

Стол должен быть деревянный, не следует на него ложить стекло, оно блестит и влияет на зрение. Полки и ящики должны соответствовать размерам хранимых в них бумаг и папок, причем они должны легко вытаскиваться и быстро находится. Устанавливаются специальные стеллажи для хранения бумаг, письменных принадлежностей, картотек.

					13.03.02.2020.112.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		87

7.6 Противопожарная и взрывобезопасность

Помещение в которой располагается диспетчер должно содержаться в чистоте и систематически очищаться от ненужных бумаг и другого мусора.

Подход к рабочему месту диспетчера должен быть свободным, а также к местам хранения средств пожаротушения.

Запрещается загромождать проходы мебелью устанавливать перегородки, должна быть обеспечена свободная эвакуация в случае возникновения пожара

Деревянная и пластиковая мебель должна располагаться на расстоянии не менее 0,5 м от электроосветительной аппаратуры; 0,6 м от оповещателей автоматической пожарной сигнализации и 0,15 м от приборов центрального отопления.

Принтеры, мониторы, пульта управления и т.п. должны включаться в электросеть только с помощью штепсельных соединений и электрических розеток заводского изготовления.

В помещении диспетчерской запрещено:

- курить и применять открытый огонь;
- проводить огневые работы без разрешения ответственного за пожарную безопасность объекта;
- включать электронагревательные приборы (чайники, кипятильники и т.п.) без негорючих подставок и в местах, где их применение не предусмотрено;
- пользоваться электроприборами с нарушенной изоляцией проводки питания, поврежденного корпуса вилки розетки;
- применение самодельных удлинителей, которые не отвечают требованиям ПУЭ, выдвигаемым к переносным электропроводам;
- использовать ролики, выключатели, штепсельные розетки для подвешивания одежды и других предметов;
- клеить участки электропроводки бумагой, горючими тканями;
- использовать горючие материалы для звукоизоляции и акустической отделки стен и потолков помещения.

После окончания работы диспетчер обязан:

- организовать уборку ненужных бумаг с рабочего места и вынести мусор в специально отведенные для этого контейнеры;
- при необходимости обесточить электрооборудование.

В случае возникновения пожары или угрозе взрыва диспетчер обязан:

- срочно известить пожарную охрану по телефону 01, указать при этом адрес, количество этажей, место возникновения пожара, наличие людей, свою фамилию;
- известить о возникновении пожара администрацию;
- организовать эвакуацию людей и материальных ценностей.
- отключить автомат питания напряжением помещения диспетчерской, который находится в щите освещения на полуэтаже;
- по возможности начать тушение пожара имеющимися первичными средствами пожаротушения.

					13.03.02.2020.112.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		88

- организовать встречу подразделений пожарной охраны и оказать им помощь в процессе тушения пожара.

7.7 Экологическая безопасность

Трансформаторные подстанции относятся к тем электротехническим объектам, которые практически не загрязняют окружающую среду и не представляют опасности для жизни людей со стороны загрязнений. Единственным элементом, которое может повлечь за собой экологическую аварию является трансформаторное масло, используемое для охлаждения силовых трансформаторов.

При возникновении аварии на подстанции могут загореться трансформаторы и возникнуть выброска масла из баков. Диспетчерская служба служит для предупреждения аварийных ситуаций подобного рода. Так же для предотвращения растекания масла и распространения пожара в случае повреждения маслonaполненных трансформаторов на подстанциях устанавливаются маслоприемники, объем которых рассчитан на прием масла, содержащегося в баке трансформатора. Масло приёмные устройства должны периодически чиститься и содержаться в состоянии, обеспечивающим прием масла в любое время года.

Вредные последствия пребывания человека в силовом электрическом поле зависят от напряженности поля E , кВ/м, и от продолжительности его воздействия. В процессе работы эксплуатационный персонал находится в электрическом поле напряженностью 5кВ/м [9].

При прокладке кабельных линии происходит изъятие земельных ресурсов и изменением статуса этой территории. Запрещается после прокладки кабеля производить какие-либо земельные работы на этой территории.

При разработке выпускной квалификационной работы учтены требования законодательства об охране окружающей среды.

В процессе строительства и эксплуатации запроектированных низковольтных сетей не оказывается вредного воздействия на окружающую природную среду (воздух, воду, почву, недра, флору и фауну) [15].

Земельные участки для размещения опор низковольтных сетей не изымаются в соответствии с «Нормами отвода земель для электрических сетей напряжением 0,38 – 500 кВ».

7.8 Гражданская оборона

К чрезвычайным ситуациям можно отнести такие как: обрыв линии и короткое замыкание на линиях, пожар трансформатора, пожар лесного массива, находящего рядом с подстанцией, шквалистый ветер, грозовые перенапряжения.

Пожар трансформатора приводит к перерыву электроснабжения потребителей на время АВР. При сгорании масла в атмосферу выделяются вредные токсичные газы. Данная ситуация также приводит к дополнительным затратам на восстановление трансформатора.

					13.03.02.2020.112.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		89

Защитой от шквалистых ветров, создающих возможность межфазного замыкания, является выдерживание предписанных расстояний между шинами и их надежное крепление к опорам.

На производственном участке должен быть создан штаб гражданской обороны. Назначается начальник штаба. Свои обязанности начальник штаба выполняет по совместительству с основной работой на производстве. Основу сил гражданской обороны участка должны составлять спасательные отряды, отделы и спасательные команды.

При организации АСДУЭ предусмотрены меры, предупреждающие возникновение взрыва, а также уменьшающий ущерб от взрывной волны. Для защиты от взрывов, в наружной части ограждения здания устанавливают легкобрасываемые конструкции (двери, ворота, облегченные конструкции).

При ликвидации последствий стихийных бедствий, крупных аварий, катастроф предусматриваются оповещение рабочих телефонной или диспетчерской связью. Мероприятия по организации и проведению эвакуации рабочих и служащих должны предусматриваться планом ГО. Указываются маршруты и пункты эвакуации, определяются силы и средства для проведения работ по ликвидации крупных аварий и катастроф, порядок управления, силы и средства связи, обеспечивающие управление. Также предусматривается организация питания, порядок заправки техники горюче-смазочными материалами и ее ремонт, обеспечение общественного порядка и органы материальных ценностей и личного имущества граждан.

Для того, чтобы защитить подстанций от актов терроризма создаются мобильные группы из числа работников служб безопасности энергокомпаний, изучающих обстановку вдоль линий электропередачи, а также у электростанций и подстанций.

Выводы по разделу семь:

1) Разработаны мероприятия по обеспечению безопасного выполнения работ диспетчером АСДУЭ, организовано его рабочее место, рассчитано искусственное освещение помещения ЦДП.

2) Рассмотрены вопросы экологической безопасности при выполнении монтажных работ и мероприятия направленные на обеспечение безопасности персонала при угрозе: обрыва на линиях ЭП; пожара трансформатора или лесного массива, находящего рядом с подстанцией; шквалистого ветра и грозových перенапряжениях.

					13.03.02.2020.112.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		90

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе разработана автоматизированная система диспетчерского управления электроснабжением ООО «ЗМЗ».

Выбрана система SICAM фирмы Siemens, она находится на высоком уровне и отвечает мировым требованиям, работает в энергетике, металлургии, нефтяной, газовой, химической и других отраслях промышленности. На ООО «ЗМЗ» повсеместно установлено оборудование фирмы Siemens, персонал работает с оборудованием и программным обеспечением этой фирмы.

На базе оборудования Siemens SICAM выбрана архитектура для создания АСДУЭ ООО «ЗМЗ» состоящая из: нижнего уровня - микропроцессорная техника на оперативных щитах подстанций, среднего уровня - АРМ РЗА и верхнего уровня - АРМ диспетчера завода. Сеть типа Gigabit Ethernet на базе сетевых коммутаторов (ШСК) и SICAM PAS с протоколами МЭК 60870-5-104 обеспечивает информационный обмен в масштабе реального времени между всеми уровнями и подсистемами диспетчеризации.

Предполагается что коэффициент готовности увеличится с 0,88 до 0,984 после внедрения системы АСДУЭ. Расчетная электрическая нагрузка потребителей ООО «ЗМЗ» в среднем 26,3 МВА. Для защиты оборудования от токов короткого замыкания выбраны трансформаторы тока и трансформаторы напряжения на стороне:

- 110кВ ТВ-110-II-1-200/5, НАМИ-110;
- 10кВ ТОЛ-10 СЭЩ, НАМИ 10;
- 6кВ ТОЛ-6 СЭЩ, НАЛИ-6 СЭЩ

Структурная схема АСДУЭ завода включает в себя верхний - уровень диспетчер ООО «ЗМЗ», средний уровень - диспетчерские ЦСиП и АО «Электросеть» и нижний уровень - оборудование ПС и ТП. Нижний уровень состоит из первичных измерительных преобразователей, установленных на ПС и ТП завода, передающих сигналы на средний уровень где осуществляется сбор оперативной информации и подача управляющих сигналов на оборудование, а также связь между серверами среднего и верхнего уровня через OPC и Web-протоколы. Верхний уровень обеспечивает управление подстанциями завода, передачу, хранение, архивирование и представление информации.

Нижний уровень состоит из шкафа МСКУ, включающего в себя контроллер ТМ 1703 АСР (СР-6014) с модулями сбора дискретных и аналоговых сигналов, а также модулями выдачи команд, шкафа визуализации и АЧР с панелями визуализации SIMATIC Panel PC 577В и шкафа ЦРАП.

Средний уровень состоит из шкафа сетевых коммутаторов (ШСК) с оборудованием РЗА, контроллерами ТМ 1703 АСР устройствами SICLOCK TC-400 для синхронизации времени объектов управления, шкафа SICAM PAS с компьютерами промышленного исполнения SIMATIC Rack PC 647В.

Верхний уровень серверы SICAM PAS CC, Web-серверы и Web-клиент, АРМ диспетчера.

					13.03.02.2020.112.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		91

Капитальные затраты на создание АСДУЭ составили 22 838 336 рублей, эксплуатационные затраты составили 5 258 898 руб. в год, годовая экономия от внедрения АСДУЭ 11 990 149 руб.

Срок окупаемости системы будет равен 1,9 года это меньше нормативного срока - 3,3 года, следовательно, разработка и внедрение автоматизированной системы диспетчерского управления электроснабжением ООО «ЗМЗ» будет эффективна.

В разделе безопасность жизнедеятельности разработаны мероприятия по обеспечению безопасного выполнения работ диспетчером АСДУЭ, организовано его рабочее место, рассчитано искусственное освещение помещения ЦДП. Рассмотрены вопросы экологической безопасности при выполнении монтажных работ и мероприятия направленные на обеспечение безопасности персонала при угрозе:

- обрыва на линиях ЭП;
- пожара трансформатора или лесного массива, находящего рядом с подстанцией, шквалистого ветра и грозových перенапряжениях.

										Лист
										92
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.02.2020.112.00.00 ПЗ ВКР					

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Трансформаторные подстанции (КТП). Проектирование, производство, монтаж КТП, КРУ, КСО. Компания полного цикла - <http://electricalschool.info/spravochnik/poleznoe/859-avtomatizacija-transformatornykh.htm>.
- 2 Неклепаев, Б.Н. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования. Учеб. Пособие для вузов / Б.Н. Неклепаев, И.П. Крючков. 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 608 с.: ил.
- 3 Правила устройства электроустановок. – 6-ое издание, перераб. и доп.: утверждено Министерством энергетики РФ. Приказ от 8 июля 2002 г. №204.
- 4 МЭК-61850 — Стандарт «Коммуникационные сети и системы подстанций»
- 5 СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 — Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.
- 6 Вахнина, В.В. Электроснабжение промышленных предприятий и городов: учеб. - метод. пособие для практических занятий и курсового проектирования / В.В. Вахнина, А.Н. Черненко. – Тольятти: ТГУ, 2007.
- 7 Неклепаев, Б.Н. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования: РД 153-34.0-20.527-98 / под ред. Б.Н. Неклепаева. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2006.
- 8 Григорьев, В.И. Справочник энергетика: учебник / В.И. Григорьев. – М.: Колос, 2006.
- 9 Гуревич, Ю.Э. Особенности электроснабжения, ориентированного на бесперебойную работу промышленного потребителя / Ю.Э. Гуревич, К.В. Кабиков. – М.: Торус Пресс, 2005.
- 10 ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ — Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
- 11 Крючков, И.П. Расчет коротких замыканий и выбор электрооборудования / под ред. Б.Н. Неклепаева. – М.: Энергоатомиздат, 2005.
- 12 Кудрин, Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий: учебник для вузов / Б.И. Кудрин. – М.: Интернет Инжиниринг, 2006.
- 13 Автоматизация диспетчерского управления в электроэнергетике / под общ. ред. Ю. Н. Руденко, В. А. Семенова. — М.: Изд-во МЭИ, 2000
- 14 СТО 56947007-29.130.01.092-2011 – Выбор видов и объемов телеинформации при проектировании систем сбора и передачи информации подстанций ЕНЭС для целей диспетчерского и технологического управления.
- 15 ПОТ РМ-016-2001—Межотраслевые правила по охране труда. Правила безопасности при эксплуатации электроустановок с изменениями и дополнениями.
- 16 Правила противопожарного режима в Российской Федерации, утвержденные постановлением Правительства РФ от 25.04.2012 N 390
- 17 Перечень мероприятий по оказанию первой помощи и Перечень состояний, при которых оказывается первая помощь, утверждены приказом Минздравсоцразвития России от 04.05.2012 N 477н.

					13.03.02.2020.112.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		93

18 ГОСТ 22269-76 –Система "человек-машина". Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования.

19 SIMATIC S7-400 – http://www.intechcom.ru/uploads/files/S7-400_cat.pdf

20 Автоматизированные системы диспетчерского управления (АСДУЭ) объектов энергоснабжения. Автоматика. Современные решения автоматизации - <http://avtomatika.issart.com/production/show/id/1>.

21 Перечень мероприятий по оказанию первой помощи и Перечень состояний, при которых оказывается первая помощь, утверждены приказом Минздравсоцразвития России от 04.05.2012 N 477н.

					13.03.02.2020.112.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		94