

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Институт кибернетики
Направление подготовки 27.04.04 «Управление в технических системах»
Кафедра автоматике и компьютерных систем

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Системы электроснабжения повышенной надёжности для АСУ ТП
УДК 621.31.031-027.45:004.896

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8AM5A	Крикунов Семён Алексеевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. АИКС	Курганов Василий Васильевич	к.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. Менеджмента	Конотопский Владимир Юрьевич	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ЭБЖ	Извеков Владимир Николаевич	к.т.н., доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. АиКС	Суходоев Михаил Сергеевич	к.т.н., доцент		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Демонстрировать базовые естественнонаучные и математические знания для решения научных и инженерных задач в области анализа, синтеза, проектирования, производства и эксплуатации систем автоматизации технологических процессов и производств. Уметь сочетать теорию, практику и методы для решения инженерных задач, и понимать область их применения
P2	Иметь осведомленность о передовом отечественном и зарубежном опыте в области теории, проектирования, производства и эксплуатации систем автоматизации технологических процессов и производств.
P3	Применять полученные знания для определения, формулирования и решения инженерных задач при разработке, производстве и эксплуатации современных систем автоматизации технологических процессов и производств с использованием передовых научно–технических знаний и достижений мирового уровня, современных инструментальных и программных средств.
P4	Выполнять инновационные инженерные проекты по разработке программно-аппаратных средств автоматизированных систем различного назначения с использованием современных методов проектирования, систем автоматизированного проектирования, передового опыта разработки конкурентно способных изделий
P5	Уметь находить необходимую литературу, базы данных и другие источники информации для автоматизации технологических процессов и производств.
P6	Уметь планировать и проводить эксперимент, интерпретировать данные и их использовать для ведения инновационной инженерной деятельности в области автоматизации технологических процессов и производств.
P7	Уметь выбирать и использовать подходящее программно–техническое оборудование, оснащение и инструменты для решения задач автоматизации технологических процессов и производств.
<i>Универсальные компетенции</i>	
P8	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально – экономических различий.
P9	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы с ответственностью за риски и работу коллектива при решении инновационных инженерных задач в области автоматизации технологических процессов и производств, демонстрировать при этом готовность следовать профессиональной этике и нормам
P10	Иметь широкую эрудицию, в том числе знание и понимание современных общественных и политических проблем, вопросов безопасности и охраны здоровья сотрудников, юридических аспектов, ответственности за инженерную деятельность, влияния инженерных решений на социальный контекст и окружающую среду.
P11	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.

Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Институт кибернетики
 Направление подготовки (специальность) 27.04.04 «Управление в технических системах»
 Кафедра автоматике и компьютерных систем

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой АиКС
 _____ Суходоев М.С.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ
 на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Магистерской диссертации <small>(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)</small>

Студенту:

Группа	ФИО
8АМ5А	Крикунов Семён Алексеевич

Тема работы:

Системы электроснабжения повышенной надёжности для АСУ ТП	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	от 09.02.2017 г, №786/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	9.06.2015
--	-----------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Исследование системы электроснабжения повышенной надёжности для АСУ ТП</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Проведение анализа способов резервирования электроэнергии; 2. Изучение типовых систем электроснабжения АСУ ТП промышленных объектов; 3. Проведение анализа систем автоматического ввода резерва; 4. Проведение исследование системы резервного электроснабжения для частного объекта; 5. Проведение подбор технических средств, необходимых для обеспечения резервного электроснабжения всех устройств и систем, требующих бесперебойного питания 6. формулировка рекомендаций, которые будут полезны проектным организациям.

Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Презентация в формате *.pptx на _____ слайдах
---	---

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Конотопский В.Ю.
Социальная ответственность	Извеков В.Н.
Обязательное приложение на иностранном языке	Денико Р.В.

Название разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках: **Введение (Introduction), Заключение (Conclusion)**

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	30.01.2017
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. АИКС	Курганов Василий Васильевич	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8АМ5А	Крикунов Семён Алексеевич		

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Институт кибернетики
Направление подготовки 27.04.04 «Управление в технических системах»
Кафедра автоматизации и компьютерных систем
Уровень образования – магистр
Период выполнения – осенний/весенний семестр 2016/2017 учебного года

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
20.05.2017 г.	Основная часть	60
25.05.2017 г.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
30.05.2017 г.	Социальная ответственность	10
5.06.2017 г.	Обязательное приложение на иностранном языке	15

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Учёная степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. АИКС	Курганов В. В.	к.т.н., доцент		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Учёная степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. АИКС	Суходоев М.С.	к.т.н., доцент		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
8AM5A	Крикунов Семён Алексеевич

Институт	Кибернетики	Кафедра	СУМ
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	Управление в технических системах

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

6. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ
7. Разработка устава научно-технического проекта
8. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок
9. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

- 1.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент каф. Менеджмента ИСГТ	Конотопский В.Ю.	к.э.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8AM5A	Крикунов Семён Алексеевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8AM5A	Крикунов Семён Алексеевич

Институт	ИК	Кафедра	АИКС
Уровень образования	Магистрант	Направление/специальность	Управление в технических системах

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Разработка автоматизированной системы нижней загрузки доменной печи №1 АО «Арселормиттал Темиртау»
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Производственная безопасность</p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты; – (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства). <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); <p>пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • метеопараметры; • напряженность зрения; • напряженность труда; • освещенность; • электромагнитные излучения; • шум. • движущиеся механизмы, подвижные части производственного оборудования; • электрический ток. <p>Разработка организационных и технических мер по нормализации уровней факторов и защите от их действия</p>
---	--

Аннотация	12
ВВЕДЕНИЕ.....	16
1 КЛАССИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРОПРИЁМНИКОВ	18
1.1 Электроприемники первой категории	18
1.2 Электроприемники второй категории.....	19
1.3 Электроприемники третьей категории	19
2 СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ АСУ ТП.....	20
2.1 Типовая система электроснабжения АСУ ТП промышленного объекта. Вариант 1.....	20
2.2 Типовая система электроснабжения АСУ ТП промышленного объекта. Вариант 2.....	23
3 СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ВВОДА РЕЗЕРВА	27
3.1 Однорелейный АВР	27
3.2 Двухрелейный АВР.....	31
3.3 Четырехрелейный АВР.....	34
4 КЛАССИФИКАЦИЯ ИСТОЧНИКОВ БЕСПЕРЕБОЙНОГО ПИТАНИЯ ..	36
4.1 ИБП резервного типа (off-line).....	36
4.2 Линейно-интерактивные ИБП.....	37
4.3 Топология Line-Interactive (Single Conversion)	38
4.4 Топология Standby/On-Line Hybrid	39
4.5 Топология Standby-Ferro	40
4.6 Топология Delta Conversion On-Line.....	41
4.7 ИБП с двойным преобразованием.....	42
5 ПОДБОР И ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ РЕЗЕРВНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ДОМА	44
5.1 Выбор оборудования.....	48
5.1.1 Генератор	48
5.1.2 Система автоматического пуска электростанций.....	49
5.1.3 ИПБ.....	52

5.2	Схема подключения	54
5.2.1	Стандартный запуск генератора в работу	54
5.2.2	Автоматическая схема ввода генератора в работу	56
5.3	Графики иллюстрирующие время перехода с сети 220 В на UPS и обратно	57
6	СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	60
6.1	Производственная безопасность	60
6.1.1	Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования	60
6.1.2	Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на производстве при внедрении объекта исследования.....	61
6.2	Экологическая безопасность.....	62
6.2.1	Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду	62
6.2.2	Анализ влияния процесса эксплуатации объекта на окружающую среду	62
6.2.3	Обоснование мероприятий по защите окружающей среды	63
6.3	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	64
6.3.1	Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований	64
6.3.2	Анализ причин, которые могут вызвать ЧС на производстве при внедрении объекта исследований.....	65
6.3.3	Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС	66
6.4	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	68
6.4.1	Специальные правовые нормы трудового законодательства.....	68
6.5	Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	72
6.5.1	Эргономические требования к рабочему месту оператора ПЭВМ.	72
7	ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И	

РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	77
7.1 Организация и планирование работ	77
7.1.1 Продолжительность этапов работ	79
7.1.2 Расчет накопления готовности проекта	84
7.2 Расчет сметы затрат на выполнение проекта	85
7.2.1 Расчет затрат на материалы	86
7.2.2 Расчет заработной платы	87
7.2.3 Расчет затрат на электроэнергию	88
7.2.4 Расчет затрат на социальный налог.....	89
7.2.5 Расчет амортизационных расходов	89
7.2.6 Расчет прочих (накладных) расходов	90
7.2.7 Расчет общей себестоимости разработки	90
7.2.8 Расчет прибыли, НДС и цены разработки НИР	91
7.2.9 Оценка экономической эффективности проекта	92
7.2.10 Оценка научно-технического уровня НИР.....	92
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	95
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	98

Аннотация

Крикунов Семён Алексеевич. Системы электроснабжения повышенной надёжности для АСУ ТП.

Магистерская диссертация по специальности 220400 «Управление в технических системах». Томск, ТПУ-2017г. Пояснительная записка выполнена на 98 листах машинописного текста и включает в себя 21 таблиц, 39 рисунков и список использованных источников научно-технической литературы из 16 наименований.

Предпосылкой для выполнения данной работы стал пример лучших практик построения систем электропитания предприятий ЗАО «СИБУР Холдинг», в котором наблюдалась явная избыточность источников электроэнергии.

Актуальность темы исследования заключается в постоянном совершенствовании систем резервного электроснабжения для бесперебойного питания различных электроприборов.

Целью работы является анализ и изучение способов резервирования электроэнергии, а так же типовых систем электроснабжения АСУ ТП промышленных объектов.

В первой главе выполнен обзор категорий электроприемников, для дальнейшего верного определения надёжности системы электропитания.

Во второй главе рассмотрены типовые системы электроснабжения АСУ ТП промышленного объекта, рассмотрены их различия, а так же представлены их преимущества и недостатки.

В третьей главе выполнен анализ различных АВР с подробным разбором схем каждого. А так же сделаны выводы по каждой схеме.

В четвёртой главе приведены все существующие классификации источников бесперебойного питания. Выполнен анализ каждого ИБП.

В пятой главе произведено исследование системы резервного электроснабжения частного дом. Осуществлён подбор наиболее подходящего оборудования для устройств, которые необходимо обеспечить резервным

питанием в заданном доме. Составлены два вида схем подключения подобранного оборудования.

В шестой главе выполнено задание по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение». Были использованы базовые и профессиональные знания в области проектного и финансового менеджмента, в том числе менеджмента рисков и изменений для управления комплексной инженерной деятельностью, соответствующей направлению подготовки.

В седьмой главе выполнено задание по разделу «Социальная ответственность». Проанализированы проектируемая технология, рабочие места на предмет выявления основных техносферных опасностей и вредностей, оценена степень их воздействия на человека, окружающую среду, сформулированы методы защиты от них.

Annotation

Krikunov Semyon Alekseevich Robust power supply systems for industrial control systems. Master's thesis in the specialty 220400 "Automation and Control". Tomsk, TPU 2017 Explanatory note made on 98 pages of the typewritten text, and includes 21 tables, 39 figures and a list of references of scientific literature of 16 names.

An excessive use of power sources in power supply systems of CJSC "SIBUR Holding" was a **prerequisite** for this paper.

Power supply systems are constantly being developed to provide a continuous power supply of various power consumers, so the theme of the research is highly **relevant**.

The main aim of the research is analyzing and examining various approaches to power reservation and common power supply systems of industrial control systems.

The first chapter includes an overview of several power consumer categories, which allows to estimate a robustness of power supply systems correctly.

The second chapter includes an analysis of advantages and disadvantages of common types of power supply systems for industrial control systems.

The third chapter includes a deep analysis of several automatic failover switching schemes.

The fourth chapter includes an analysis of all existing types of uninterruptible power supply units.

The fifth chapter includes an analysis of a power supply reservation system of the private house. According to results of the analysis, the most suitable equipment, providing an uninterruptible power supply to inhouse power consumers, were chosen. Connection diagrams of two types for the equipment were developed.

The sixth chapter is dedicated to the "Financial management, resource efficiency and cost-effective production" part of the research. To perform this chapter, basic and proficient knowledge of project and financial management, including risk management and complex engineering management.

The seventh chapter is dedicated to "Social responsibility" part of the research. To perform this part of the research, basic hazardous conditions and environments, related to the theme of the research were analyzed, methods of providing a workplace safety were formulated.

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

АСУ ТП – автоматическая система управления технологическим производством

АСУ – автоматизированная система управления

ИБП – источник бесперебойного питания

АВР – аварийный ввод резерва

ПУЭ – правила устройства электроустановок

ВИП – вторичный источник электропитания

РКН – реле контроля напряжения

КПД – коэффициент полезного действия

САП – система автоматического пуска

ДВС – двигатель внутреннего сгорания

УЗИП – устройство защиты от импульсных перенапряжений

АКБ – аккумуляторная батарея

ВВЕДЕНИЕ

Каждый, кто пользуется персональным компьютером, сталкивался проблемой отключения электропитания и, вследствие чего потерей информации. Источник бесперебойного питания (ИБП) – это устройство, подключаемое между источником питания, к примеру, розеткой электросети, и потребителем (персональный компьютер и т.п.), обеспечивающее электропитанием потребителя в случае пропадания напряжения первоначального источника, используя для этого энергию своих аккумуляторных батарей. В широком обобщении к ИБП можно отнести все, начиная от пальчиковой батарейки и заканчивая дизель – генератором большой мощности (несколько сотен киловатт).

Общий алгоритм функционирования источника бесперебойного питания: при исчезновении напряжения электросети, ИБП самостоятельно переключается на питание от аккумуляторных батарей. После того как напряжение сети восстанавливается источник бесперебойного питания переходит в режим заряда аккумулятора автоматически.

Проблема стоит гораздо серьезнее, если речь идёт о системах управления объектами различной сложности, в том числе и взрывопожароопасными. Возникает задача обеспечения непрерывного электроснабжения потребителей, которое практически всегда основано на резервировании источников электроснабжения. Задача достаточно сложная и её решение не является однозначным. Сложность задачи состоит в том, что для разных потребителей требуется своя система резервирования. Резервирование всегда связано с избыточностью, с дополнительными затратами.

На первый взгляд эти затраты могут показаться незначительными, но с увеличением мощности системы электропитания, стоимость резервного оборудования может возрасти в геометрической прогрессии, при этом отдача от этого оборудования, за исключением безопасности, может показаться смехотворной. Поэтому проектируя подобные системы

электропитания, необходимо очень взвешенно относиться к выбору технических решений и технических средств.

В последние годы в данной области накоплен значительный опыт, однако, крайне мало публикаций, в которых проведён всесторонний анализ данной проблемы.

В настоящей работе сделана очередная попытка провести анализ систем электропитания ответственными объектами, обобщить опыт проектирования таких систем и сформулировать рекомендации, которые будут полезны проектным организациям.

1 КЛАССИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРОПРИЁМНИКОВ

Одной из важных задач проектирования систем электропитания является правильная оценка категории электроприемников, которая будет определять надёжность системы электропитания.

В отношении обеспечения надёжности электроснабжения, согласно ПУЭ, электроприемники разделяются на три категории.[4]

1.1 Электроприемники первой категории

Электроприемники первой категории используются на таких объектах, где исчезновение напряжения может представлять собой значительный материальный ущерб, нарушение сложных технологических процессов, угрозу для жизни людей, угрозу для безопасности государства, нарушение функционирования объектов связи, телевидения, коммунального хозяйства и т.д.

На производствах, где исчезновение напряжения может привести к взрывам, пожарам, гибели людей используется *особая группа* электроприемников, которая выделяется из состава электроприемников первой категории.

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

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

В качестве третьего независимого источника питания для *особой группы* электроприемников и в качестве второго независимого источника питания для остальных электроприемников первой категории могут быть использованы независимые секции подстанций, предназначенные для этих целей агрегаты бесперебойного питания, аккумуляторные батареи и т.п. [7]

1.2 Электроприемники второй категории

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

Электроприемники второй категории в нормальных режимах должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых взаимно резервирующих источников питания.

Для электроприемников второй категории при нарушении электроснабжения от одного из источников питания допустимы перерывы электроснабжения на время, необходимое для включения резервного питания действиями дежурного персонала или выездной оперативной бригады. [7]

1.3 Электроприемники третьей категории

Электроприемники третьей категории – это все остальные электроприемники, не подпадающие под определения первой и второй категорий.

Для *электроприемников третьей категории* электроснабжение может выполняться от одного источника питания при условии, что перерывы электроснабжения, необходимые для ремонта или замены поврежденного элемента системы электроснабжения, не превышают 1 суток. [7]

2 СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ АСУ ТП

Структура системы электроснабжения предприятия определяется категорией электроприёмников, но технически может быть выполнена различными способами. Опыт проектирования и эксплуатации систем автоматизации (автоматизированных систем управления технологическими процессами - АСУ ТП) показывает, что системы электропитания АСУ ТП выполняются, как правило, как для особой группы электроприёмников первой категории. Насколько это оправдано, в каждом конкретном случае решает проектная организация, но следует помнить, что ряд функций АСУ ТП должны выполняться в аварийных для объекта режимах, к которым относится исчезновение электропитания. Например:

- перевод объекта в безопасное состояние;
- наблюдение за объектом, находящимся в аварийном состоянии и т.п.

Отдельно следует отметить негативное влияние переходных процессов, возникающих в системах электропитания при появлении/пропадании входного напряжения на микропроцессорную технику АСУ ТП и на сами источники электропитания.

Практически все элементы АСУ ТП (источники питания, процессорные и другие интеллектуальные модули, модули ввода/вывода, станции оператора и др.) в качестве напряжения питания используют переменное напряжение 220 В или постоянное 24 В.

Рассмотрим несколько вариантов построения таких систем электропитания. Все эти варианты из-за множественного их применения часто называются типовыми.

2.1 Типовая система электроснабжения АСУ ТП промышленного объекта. Вариант 1

Система электропитания АСУ ТП промышленного объекта напряжением 220/380 по варианту 1 представлена на рисунке 2.1.

В трансформаторной подстанции, куда подаётся трёхфазное

напряжение 6,3 (35) кВ от воздушной (подземной) линии происходит его понижение до трёхфазного 380 ВАС, которое впоследствии используется в качестве рабочего напряжения. Рабочее напряжение двумя вводами «Ввод 1» и «Ввод 2» подается на промышленный объект, как два независимых источника электроснабжения.

Оба ввода (источника) являются абсолютно равнозначными, но на практике один ввод условно называют «основным», а другой «резервным».

Система аварийного ввода резерва (АВР) обеспечивает переключение потребителя электроэнергии на исправный источник энергии. Если оба источника исправны, то, как правило, электроснабжение выполняется от «основного» источника, а в случае исчезновения напряжения на нём происходит переключение на «резервный». Временной промежуток отсутствия напряжения при переключении определяется рядом факторов, таких как:

- мощность потребителя (величина коммутируемого тока);
- быстродействие элементов АВР;
- реализуемая схема АВР.

Чтобы исключить влияние кратковременного пропадания напряжения на выходе АВР в момент переключения, которое может достигать несколько миллисекунд, используется источник бесперебойного электропитания, который обеспечивает непрерывности напряжения для непосредственных потребителей.

Если выбрана «серьёзная» модель ИБП (например, с двойным преобразованием), то кроме непрерывности напряжения, ИБП обеспечивает стабилизацию действующего напряжения и является мощным фильтром для потребителя.

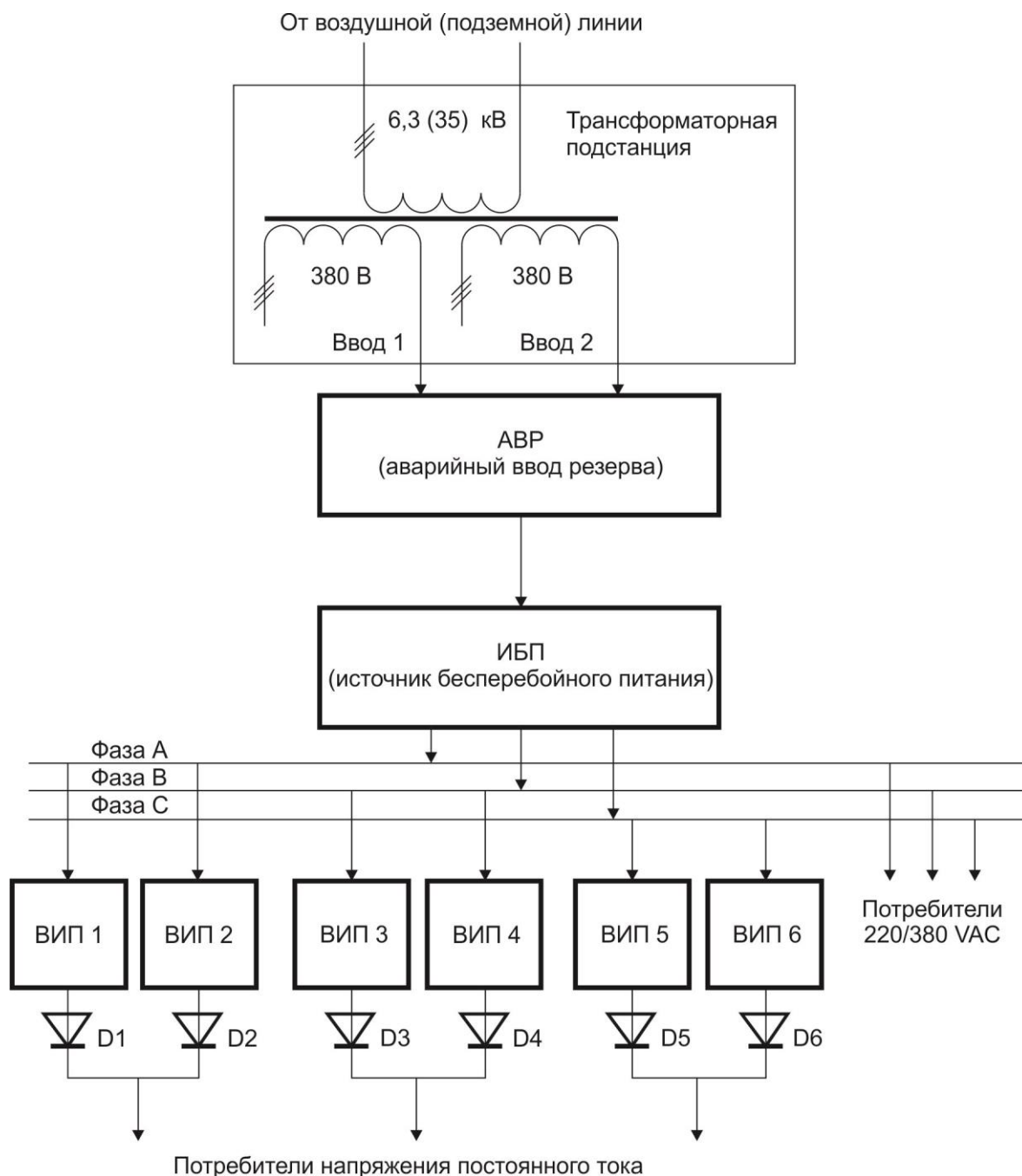


Рисунок 2.1 - Типовая система электроснабжения

АСУ ТП промышленного объекта. Вариант 1

На рисунке 2.1 представлен вариант трёхфазной системы электроснабжения. На практике такая система используется в случае большой мощности системы электропитания АСУ ТП (5 кВА и выше). В случае, если потребляемая системой электропитания мощность АСУ ТП ниже чем 5 кВА, то возможно использование однофазной системы электропитания.

Использование трёхфазной системы электропитания АСУ ТП позволяет распределить нагрузку по фазам, исключив тем самым перекос и повысив надёжность. Если мощность, потребляемая системой электропитания АСУ ТП, в сравнении с остальной потребляемой установкой/производством/цехом мощностью незначительна, что на практике действительно так, то проблема перекоса фаз исчезает.

Источники вторичного электропитания (ВИП), представленные на рисунке 2.1 для повышения надёжности включены попарно. Выходное напряжение таких источников обычно постоянное, например: 12/24/36/48 В. Их выходные напряжения объединены через диодную развязку. Диодная развязка исключает влияние источников друг на друга. Очень часто диод является частью электрической схемы источника электропитания или устанавливается в выходной цепи источника его производителем и, соответственно, необходимость дополнительного диода отпадает. Потребители переменного напряжения 220 В подключаются непосредственно к выходу ИБП через автоматические выключатели.

Недостатком схемы, представленной на рисунке 2.1, можно считать нерезервированный ИБП, нарушение работы которого может серьёзно понизить надёжность системы электропитания в аварийных режимах.

2.2 Типовая система электроснабжения АСУ ТП промышленного объекта. Вариант 2

Система электропитания АСУ ТП промышленного объекта напряжением 220/380 по варианту 2 представлена на рисунке 2.2.

Основное отличие системы электропитания, выполненной по варианту 2, заключается в резервировании каждого ввода до системы автоматического ввода резерва. Вторичные источники питания подключены к различным ИБП и объединены попарно.

Схема электроснабжения, представленная на рисунке 2.2 является типовым требованием к системам электропитания оборудования АСУ ТП в ЗАО «СИБУР Холдинг»

Рассмотрим вопрос резервирования источников постоянного тока подробнее. Как отмечалось ранее, основным видом резервирования напряжений постоянного тока является суммирование напряжений от различных источников через диодную развязку. Диодная развязка позволяет исключить влияние источников питания друг на друга. Рассмотрим случай, когда выходные напряжения источников ВИП1 (U_1) и ВИП2 (U_2) отличаются друг от друга ($U_1 > U_2$). Диодная развязка для источников постоянного тока реализует функцию «ИЛИ», в результате чего в точке 1 (рисунок 2.3а) появится наибольшее напряжение от всех подключенных к этой точке источников. Появление высокого напряжения в точке 1 приведёт к запирающему диода D2, на анод которого подано меньшее напряжение, чем на катод. В таком случае питание потребителей постоянного напряжения будет выполняться от одного источника ВИП 1 и, если выходная характеристика источника жесткая (хороший стабилизатор), то возможен тяжёлый режим работы для этого источника. При этом ВИП 2 работает на холостом ходу.

Для решения проблемы распределения нагрузки используют выравнивающие резисторы (см. рисунок 2.3б), которые включаются в цепь нагрузки источника и тем самым «смягчают» характеристику источника питания.

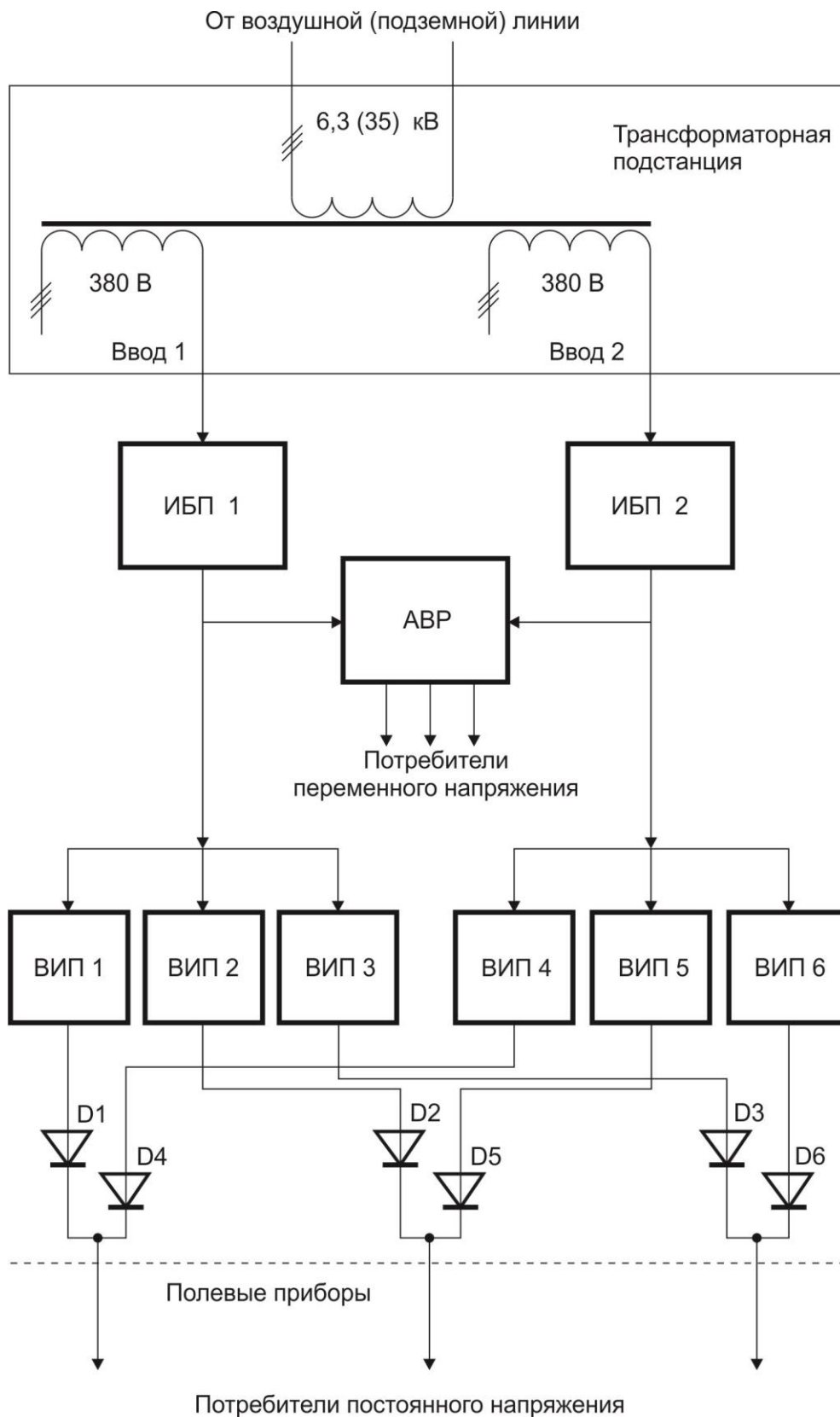


Рисунок 2.2 - Типовая система электроснабжения
АСУ ТП промышленного объекта. Вариант 2

Наклон выходной характеристики ВИП 1 (участок 1-2 на рисунке 2.3в)

обеспечивается за счет падения напряжения на выравнивающем резисторе. В точке 2, при условии дальнейшего увеличения тока, диод D2 открывается. Изменение наклона прямой на участке 2-3 происходит за счет перераспределения нагрузки между источниками.

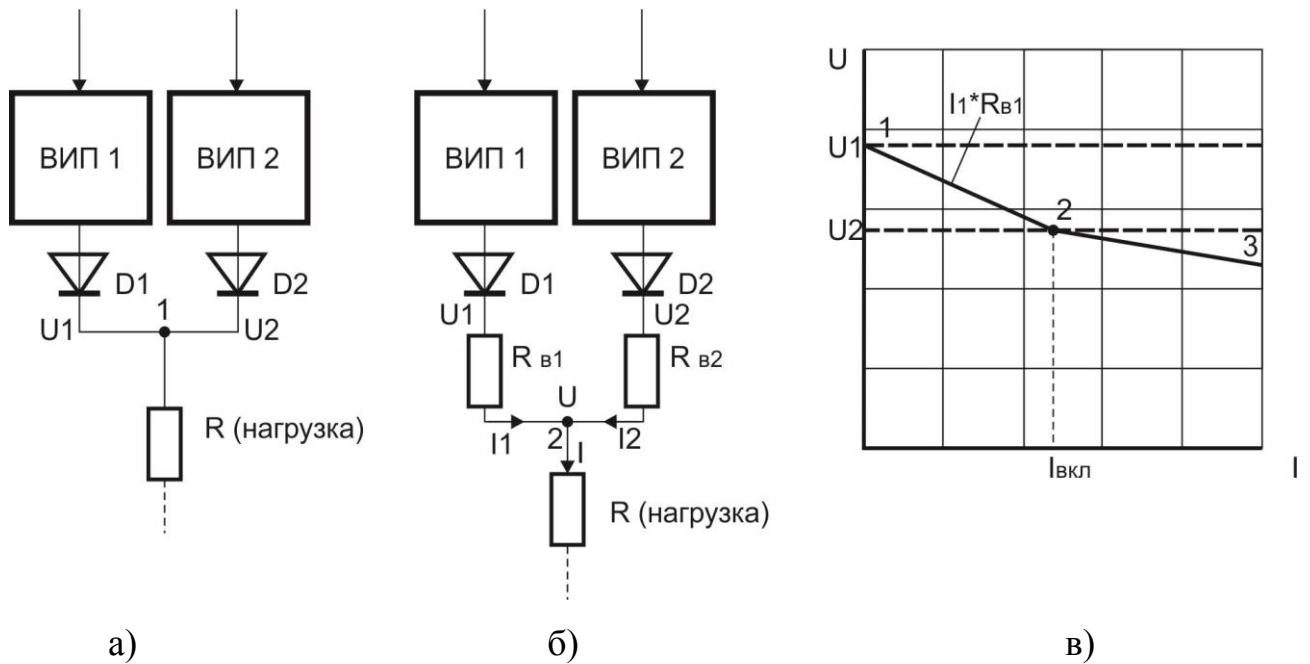


Рисунок 2.3 - Выравнивание токов в системах резервирования постоянного напряжения

3 СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ВВОДА РЕЗЕРВА

Системы автоматического ввода резерва обеспечивают переключение питания потребителя с неисправного источника электроснабжения на исправный. Эта задача должна решаться своевременно и надёжно. В связи с этим схемы ввода резерва, как правило, строятся на базе электромагнитных реле или аналогичных элементов.

3.1 Однорелейный АВР

На рисунке 3.1 приведена простейшая схема автоматического ввода резерва. Основным элементом, принимающим решение о переключении, является электромагнитное реле P1, один нормально разомкнутый контакт которого включен в цепь основного питания, а нормально замкнутый - в цепь резервного питания.

При наличии напряжения на обоих вводах и замкнутых автоматических выключателях SF1 и SF2, обмотка реле P1 находится под напряжением, контакт P1.1 замкнут, контакт P1.2 разомкнут, питание потребителей выполняется от ввода A1. При исчезновении напряжения на вводе A1 реле отпускает, P1.1 размыкается, контакт P1.2 замыкается, питание потребителей переключается на ввод A2. Время отсутствия напряжения на выходе A определяется быстродействием реле P1, а именно временем отпускания реле.

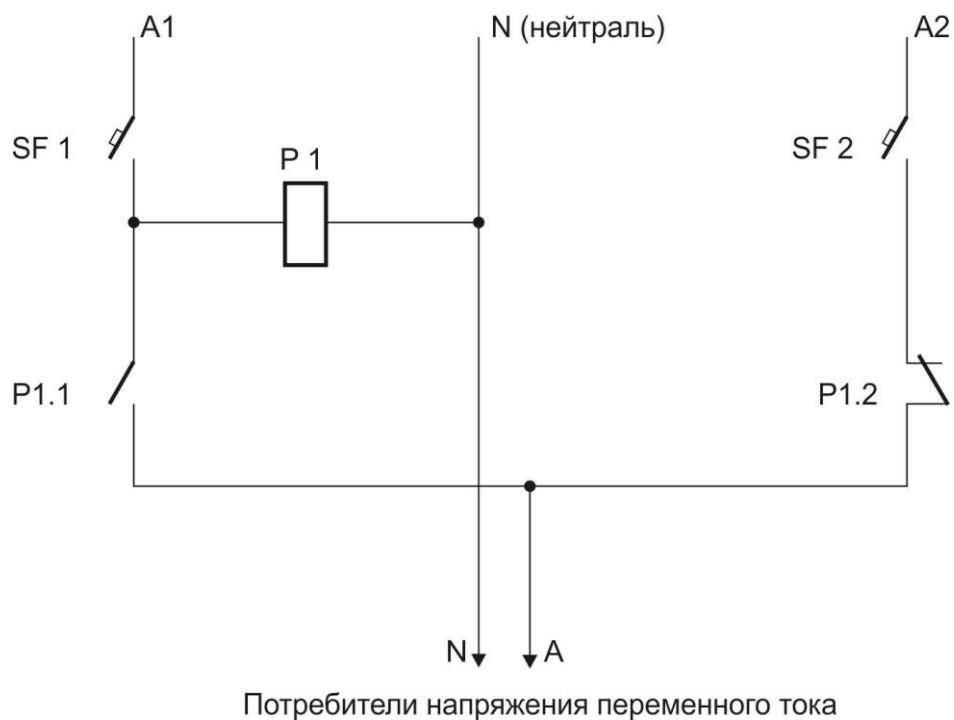


Рисунок 3.1 - Схема простейшего ввода аварийного резерва

При появлении напряжения на вводе A1, АВР автоматически возвращает электропитание на основной ввод, что приводит к дополнительным переключениям и в некоторых случаях является серьёзным недостатком.

Временная диаграмма переключения АВР, представленная на рисунке 3.2, справедлива для случая мгновенного исчезновения напряжения на одном из вводов. Гораздо хуже ситуация, когда происходит просадка напряжения на основном вводе (ввод, от которого происходит электропитание потребителя в настоящий момент). Это связано с особенностью работы электромагнитного реле.

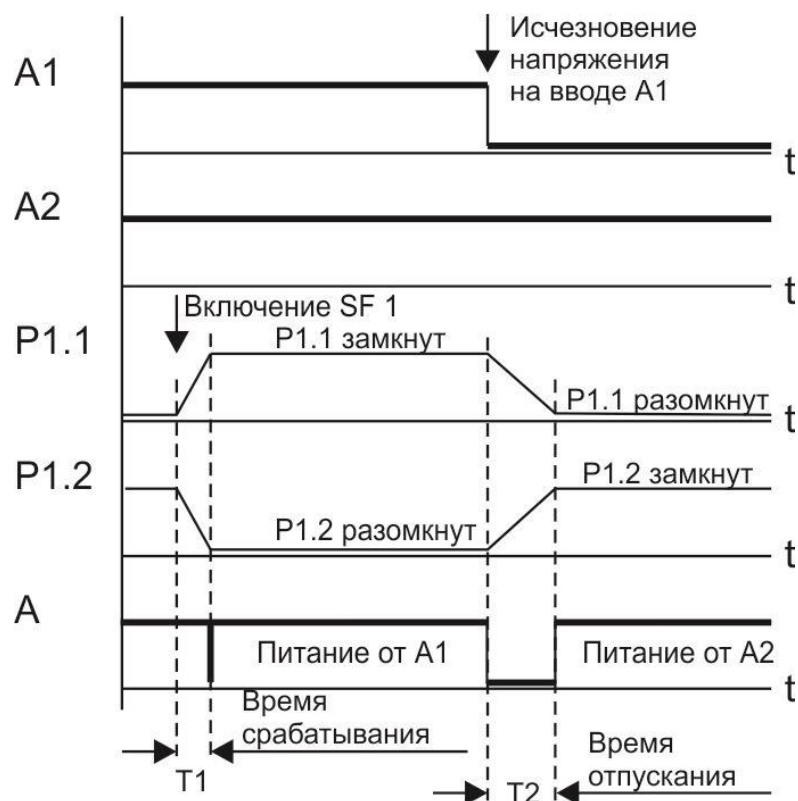


Рисунок 3.2 - Временные диаграммы переключения АВР

Одной из характеристик электромагнитного реле является коэффициент возврата, который определяется как отношение напряжения отпущения к напряжению срабатывания [2]. Для электромагнитных реле общего применения, реагирующих на повышение напряжения/тока, этот коэффициент находится в диапазоне 0,7 ... 0,8 (но может быть и меньше). Таким образом, если напряжение срабатывания реле 220 В переменного тока, то величина наихудшего значения напряжения отпущения составит 154 В. Это означает, что пока напряжение на вводе A1 не станет меньше 154 В переключения не резервный ввод не произойдет. Будет ли достаточно такой величины напряжения на выходе А необходимо рассматривать для каждого потребителя индивидуально и принимать соответствующие меры.

Одним из самых нежелательных режимов работы схемы АВР, представленной на рисунке 3.1 является режим, при котором оба ввода оказываются подключенными к выходу. Такой режим возможен в случае залипания контакта P1.1 при отпущении реле. Причиной залипания могут

быть как механические неисправности, так и тяжелый электрический режим работы контактов реле. Тяжелый электрический режим работы связан либо с коммутацией больших токов, либо с индуктивным видом нагрузки, либо с тем и другим одновременно. При длительной коммутации больших токов происходит микросваривание поверхностей контактов, что существенно затрудняет и процесс размыкания. Если нагрузка индуктивная, то процесс размыкания может сопровождаться образованием дуги, которая часто приводит к свариванию контактов с последующим их разрушением. Дугообразование является самым нежелательным режимом работы контактов.

Вернемся к режиму, при котором оба ввода оказываются подключенными к выходу. В этом режиме возможен переток, протекание тока от одного источника через внутреннее сопротивление другого. Этот ток, ввиду малого внутреннего сопротивления источников, может достигать значительных размеров, что приведёт к срабатыванию автоматического выключателя и отключению исправного ввода от АВР.

На рисунке 3.3 представлена эквивалентная схема для пояснения режима перетока. При залипании контактов переток возможен в двух случаях:

- на основном вводе А1 исчезло напряжение;
- между напряжениями вводов имеется разность фаз, которая обеспечивает неравенство мгновенных напряжений.

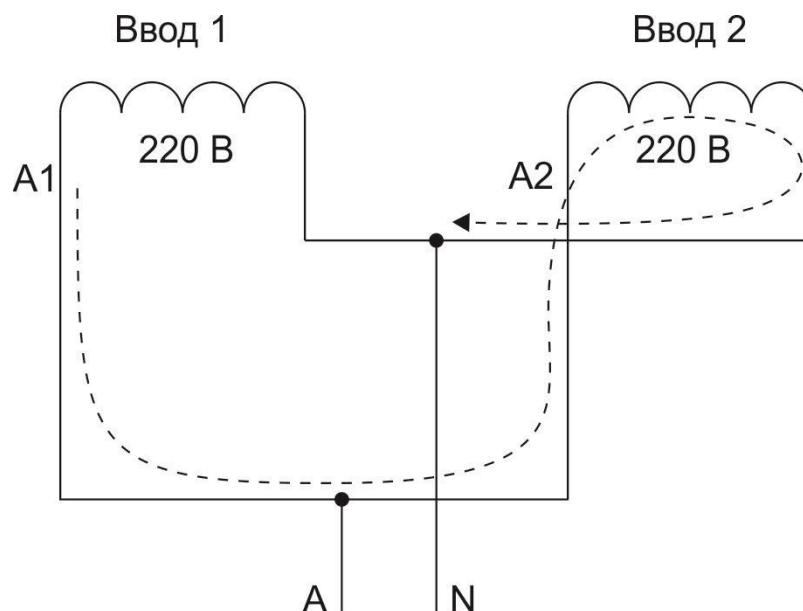
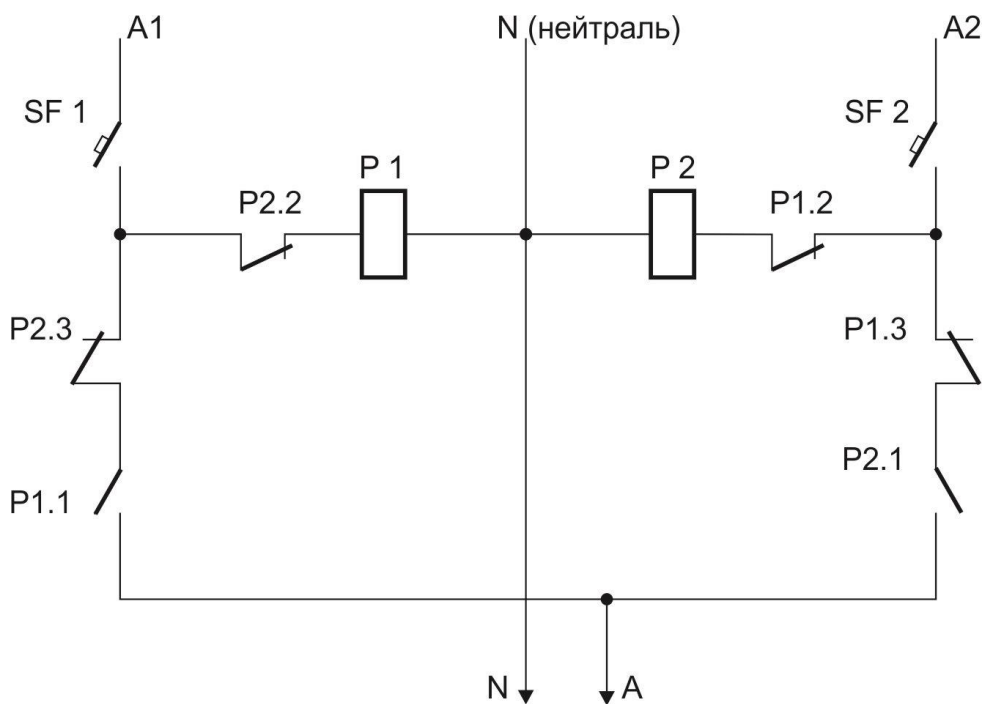


Рисунок 3.3 - Перетоки в АВР при одновременном замыкании контактов

3.2 Двухрелейный АВР

На рисунке 3.4 представлена схема двухрелейного АВР, в которой сделана попытка исключить перетоки или понизить вероятность их возникновения за счет одновременной работы двух независимых контактных групп. В данной схеме исчезает понятие основного и резервного ввода, электроснабжение будет выполняться от того ввода, автоматический выключатель которого был включен первым. Все стальные переключения в данном АВР аналогичны предыдущему.

Схема двухрелейного АВР неоднократно использовалась в практических схемах электроснабжения АСУ ТП и показала высокую надёжность при правильном выборе электромагнитных реле.



Потребители напряжения переменного тока

Рисунок 3.4 - Схема двухрелейного АВР

На рисунке 3.5 приведена временная диаграмма переключений двухрелейного АВР. Из диаграммы следует, что при переходе от одного источника энергии на другой в аварийном режиме на выходе АВР будет отсутствовать напряжения в течение интервала времени, длительность которого определяется временными характеристиками электромагнитных реле. Зависимость длительности этого интервала от временных характеристик реле позволяет корректировать этот интервал выбором соответствующих реле, а также свидетельствует о том, что при переключении всегда есть определённый промежуток времени, в течение которого напряжение на выходе АВР отсутствует.

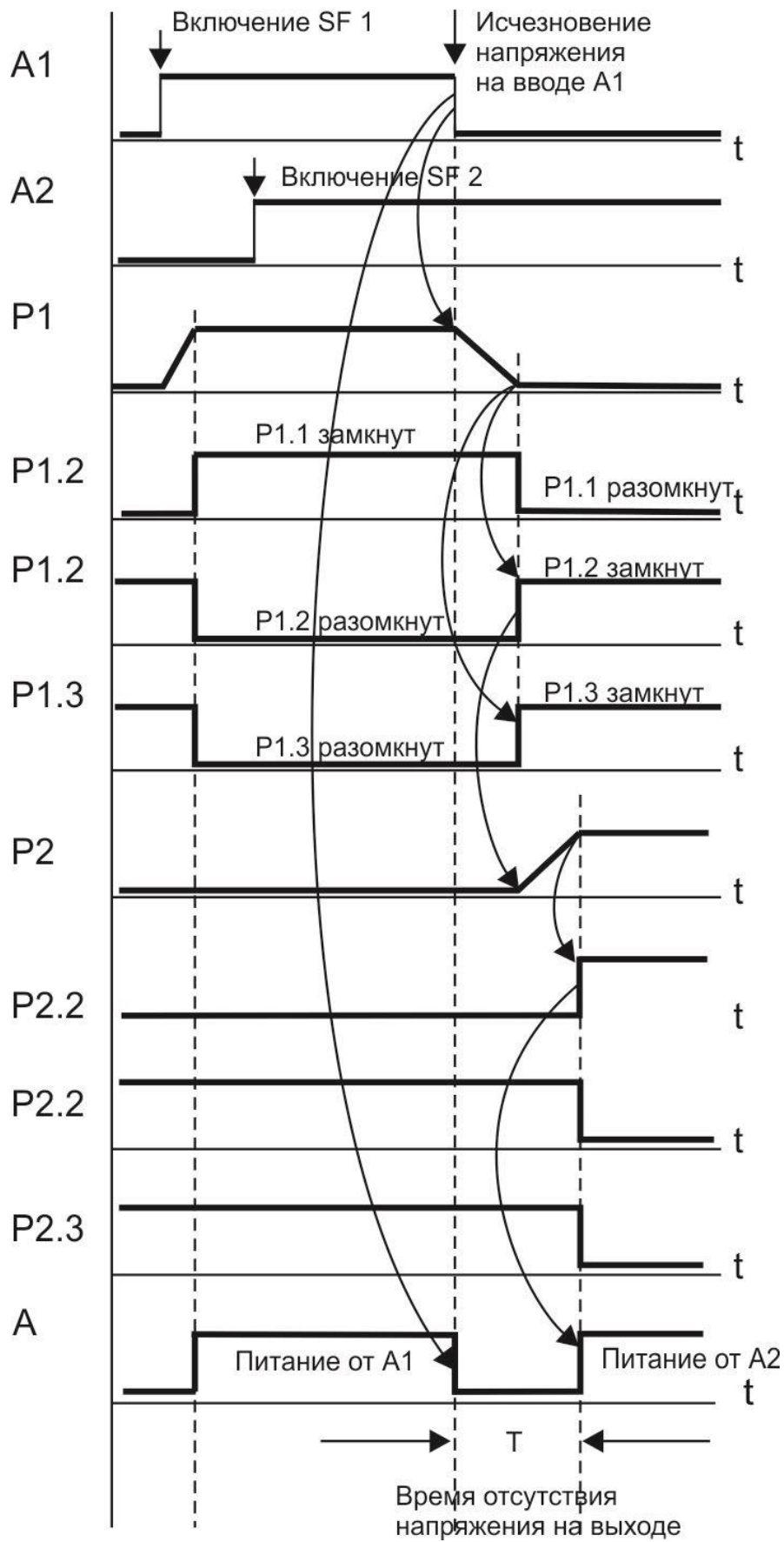


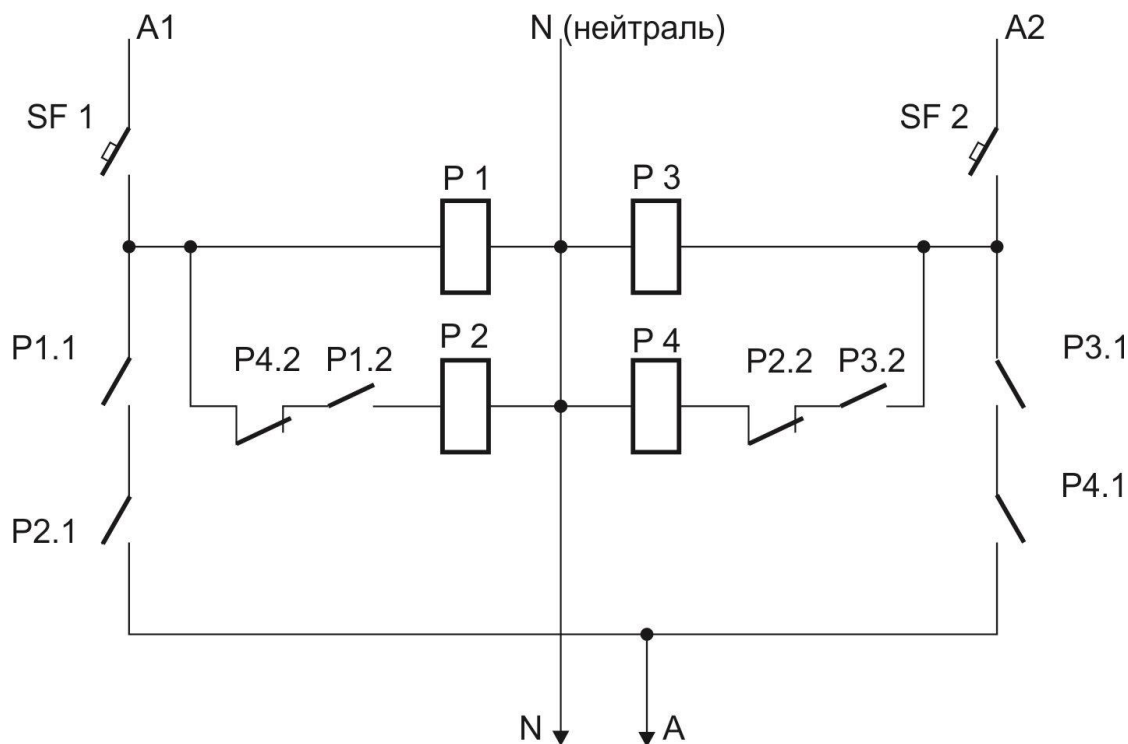
Рисунок 3.5 – Временная диаграмма переключений двухрелейного АВР

3.3 Четырёхрелейный АВР

На рисунке 3.6 представлена схема четырёхрелейного АВР. Особенностью данной схемы является повышенная надёжность от залипания контактов.

Реле P1 и P3 выполняют функции дежурных элементов (реле контроля напряжения) и при наличии напряжения на вводе находятся в сработавшем состоянии, контакты P1.1, P1.2, P3.1 и P3.2 замкнуты. Реле P2 и P4 выполняют функции следящих элементов. При первом включении на выход А подаётся напряжение с входа, автомат которого был включен первым, т.е. понятие основного и резервного ввода также отсутствует. Последующие переключения выполняются как в двухрелейном АВР.

При правильном выборе электромагнитных реле схема четырёхрелейного АВР в практических схемах электроснабжения АСУ ТП показывает высокую надёжность.



Потребители напряжения переменного тока

Рисунок 3.6 - Схема четырёхрелейного АВР

Временные диаграммы переключения четырёхрелейного АВР, за небольшим исключением, аналогичны двухрелейному АВР.

На основе рассмотренных АВР можно убедиться, что избавиться от нежелательных дополнительных переключений можно путём использования более совершенных схем, таких как схема двухрелейного АВР и схема четырёхрелейного АВР. Однако полностью избавиться от переключений не получится. Именно поэтому рассмотренная в предыдущем разделе типовая система электроснабжения АСУ ТП промышленного объекта с резервированием каждого ввода до системы автоматического ввода резерва (Вариант 2) не является хорошим решением (см. рисунок 2.2), ведь в данном случае, за счёт осуществления резервирования каждого ввода, происходит переключение во время которого будет отсутствовать напряжение на выходе, в отличие от рассмотренного Варианта1, где в нижней части схемы происходит бесперебойное переключение. (см. рисунок 2.1)

4 КЛАССИФИКАЦИЯ ИСТОЧНИКОВ БЕСПЕРЕБОЙНОГО ПИТАНИЯ

Самое главное назначение ИБП – обеспечить электропитанием компьютерную систему или иное оборудование, когда электросеть не может это делать по каким–либо причинам. Во время такого сбоя источник бесперебойного питания питает нагрузку и питается сам за счет той энергии, которая накопилась в его аккумуляторной батарее. Каждый человек, сталкивающийся с компьютерами, рано или поздно узнает о великолепной идее бесперебойного питания компьютеров. [5]

Несмотря на большое количество всевозможных решений, в индустрии UPS (*Uninterruptible Power Supply* / источник бесперебойного питания) сформировались некоторые типовые схемы построения источников бесперебойного питания.

"Разделять" ИБП можно по разным признакам, в частности, по мощности (или сфере применения) и по типу действия (архитектуре/устройству). [5]

По мощности ИБП делятся на:

- источники бесперебойного питания малой мощности (с полной мощностью 300, 450, 700, 1000, 1500 ВА, до 3000 ВА – включая и on–line);
- малой и средней мощности (с полной мощностью 3–5 кВА);
- средней мощности (с полной мощностью 5–10 кВА);
- большой мощности (с полной мощностью 10–1000 кВА).

ИБП делятся на три категории:

- резервные (off–line или standby);
- линейно–интерактивные (line–interactive);
- ИБП с двойным преобразованием напряжения (on–line).

Рассмотрим различие типов ИБП.

4.1 ИБП резервного типа (off–line)

Источники резервного типа выполнены по схеме с коммутирующим устройством, которое в нормальном режиме работы обеспечивает подключение нагрузки непосредственно к внешней питающей сети, а в аварийном – переводит ее на питание от аккумуляторных батарей (см. рисунок 4.1). Достоинством ИБП такого типа можно считать его простоту, недостатком – ненулевое время переключения на питание от аккумуляторов (около 4 мс).

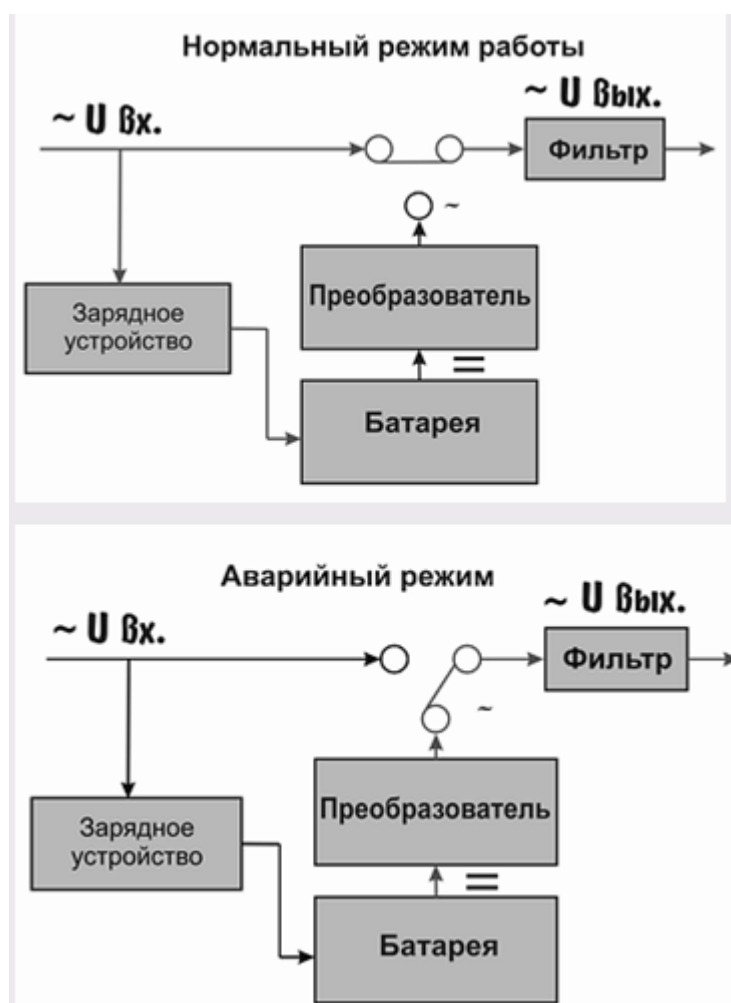


Рисунок 4.1 - Схема источника резервного типа

4.2 Линейно–интерактивные ИБП

Данный тип ИИБ выполнен по схеме с коммутирующим устройством, дополненной стабилизатором входного напряжения на основе автотрансформатора с переключаемыми обмотками (см. рисунок 4.2). Основное преимущество таких устройств – защита нагрузки от повышенного или пониженного напряжения без перехода в аварийный режим. Недостатком таких устройств также является ненулевое (как и в предыдущем случае около 4 мс) время переключения на аккумуляторы.

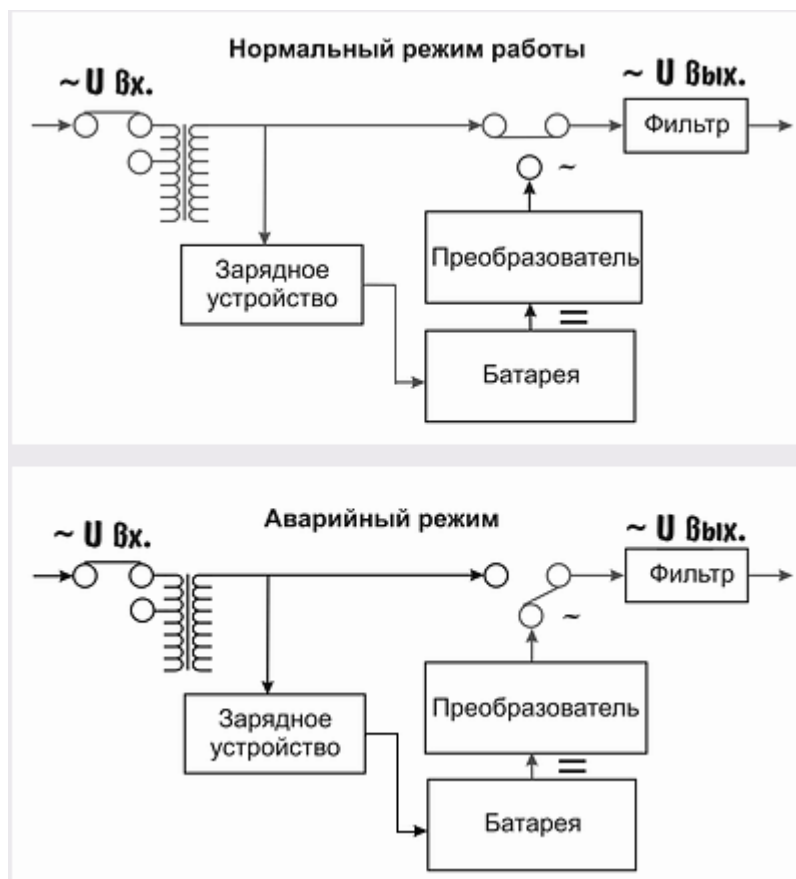


Рисунок 4.2 - Схема линейно – интерактивного ИИБ

4.3 Топология Line-Interactive (Single Conversion)

В этой схеме инвертор всегда подсоединен к выходу UPS и представляет собой сложный узел, на который возлагается задача стабилизации и фильтрации сетевого напряжения, слежения за его уровнем, контроля заряда батареи при нормальном напряжении сети (в моделях Smart-UPS) и перехода на батарейное питание при аварийных уровнях сетевого

напряжения. Благодаря значительному диапазону стабилизации напряжения, эта схема способна работать в нормальном режиме при условиях, когда standby UPS уже перешел бы на батарейное питание. Это делает данную схему наиболее пригодной для работы в электросети невысокого качества.

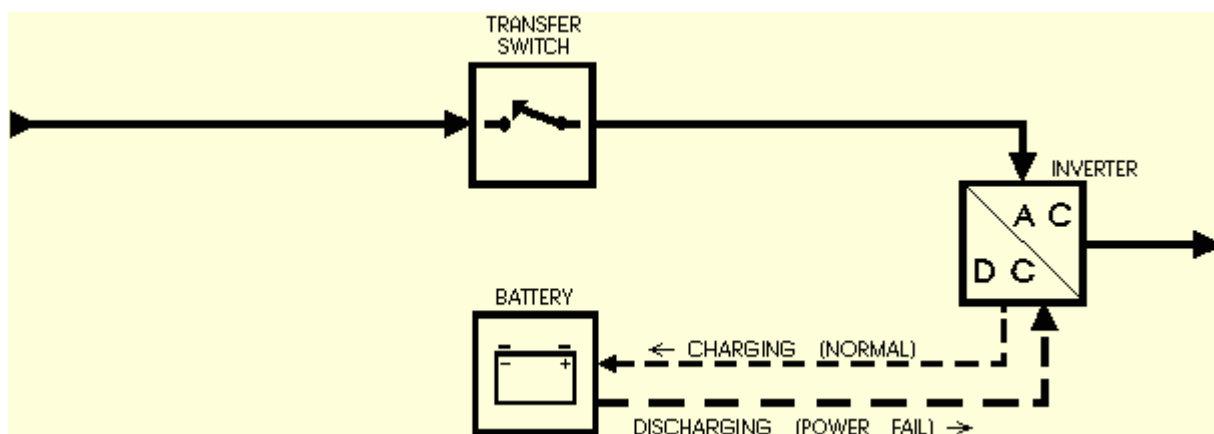


Рисунок 4.3 - Схема Line-Interactive

Задача стабилизации выполняется трансформатором, имеющим обмотку с коммутируемыми отводами, благодаря чему можно ступенчато менять коэффициент трансформации. В остальном принцип действия может не очень значительно отличаться от generic topology - разве что инвертор посложнее, чтобы приблизить выходное напряжение по форме к синусоиде.

4.4 Топология Standby/On-Line Hybrid

Отбор мощности от Standby DC/DC converter'a в этой топологии происходит только в случае обнаружения сбоя в питающем сетевом напряжении - в остальное время он может быть либо выключен, либо работать "на холостом ходу". Battery charger имеет относительно малую мощность, подобно Standby UPS. В случае нормального сетевого напряжения, оно выпрямляется и фильтруется rectifier'ом, после чего поступает на инвертор, преобразующий его обратно в AC 220V. Преимуществом этой схемы, как и "Double Conversion On-Line", является

высокая стабильность выходного напряжения и минимальная длительность переходных процессов при сбоях напряжения в питающей сети. Фирмы-производители нередко декларируют такие UPS'ы как "On-Line", хотя это не полностью соответствует истине.

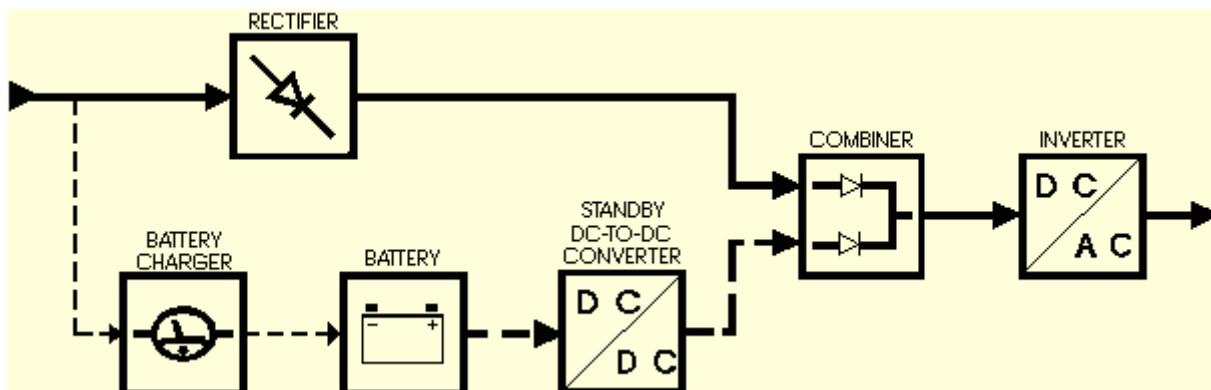


Рисунок 4.4 - Схема Standby/On-Line Hybrid

4.5 Топология Standby-Ferro

Эта схема базируется на специальном трехобмоточном трансформаторе. При нормальном напряжении сети оно через transfer switch попадает на трансформатор, и через него к нагрузке. В случае отказа сети питание нагрузки осуществляется инвертором через другую обмотку, а transfer switch в это время разомкнут.

Инвертор запускается только тогда, когда обнаружен отказ сети и разомкнут transfer switch. Трансформатор в данной схеме работает также, как феррорезонансный стабилизатор напряжения, обеспечивая в ограниченных пределах стабилизацию сетевого напряжения и сглаживание "ступенек", возникающих при работе инвертора.

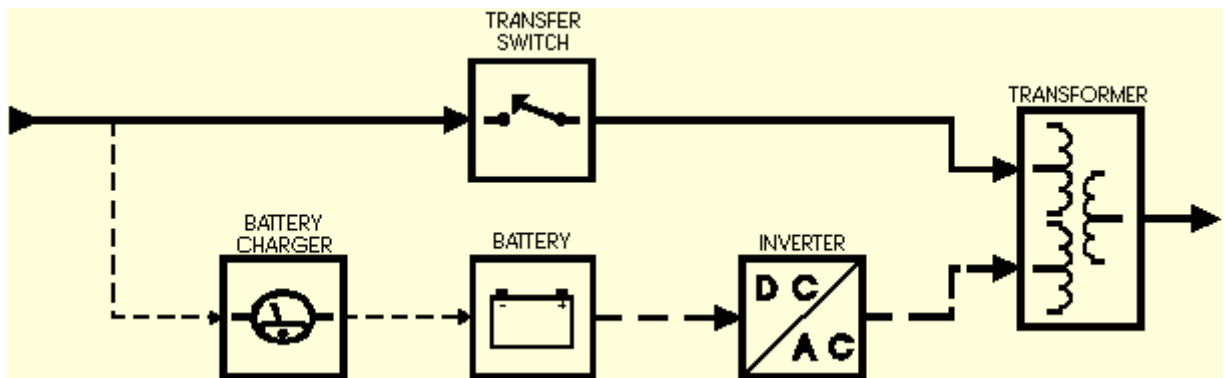


Рисунок 4.5 - Схема Standby-Ferro

Полная гальваническая развязка цепей нагрузки от питающей электросети обеспечивает лучшую защиту, чем любой возможный фильтр. Однако, феррорезонансный стабилизатор сам по себе вносит заметные искажения и переходные процессы, которые в некоторых случаях могут оказаться опаснее, чем исходные сбои питающей сети.

4.6 Топология Delta Conversion On-Line

Это новая технология построения Line-Interactive UPS, разработанная и запатентованная компанией Silcon Group (в настоящее время ставшей подразделением American Power Conversion), с использованием двух независимо работающих инверторов. Первый инвертор (delta converter) обычно рассчитан примерно на 20% от выходной мощности UPS и через трансформатор соединен последовательно с цепью питания нагрузки от электросети. Будучи синхронизированным с электросетью по частоте и фазе, он добавляет или вычитает вырабатываемое им напряжение (delta voltage) к сетевому, тем самым компенсируя отклонения выходного напряжения от номинала. Кроме того, на delta converter возложены также функции PFC (Power Factor Correction) и управления зарядом батарей. Второй инвертор рассчитан на 100% выходной мощности UPS и предназначен для питания нагрузки при работе от батарей. Bypass switch, как и в предыдущей топологии, обеспечивает непосредственное питание нагрузки от электросети

в случае неисправности UPS или его временного отключения при плановом обслуживании.

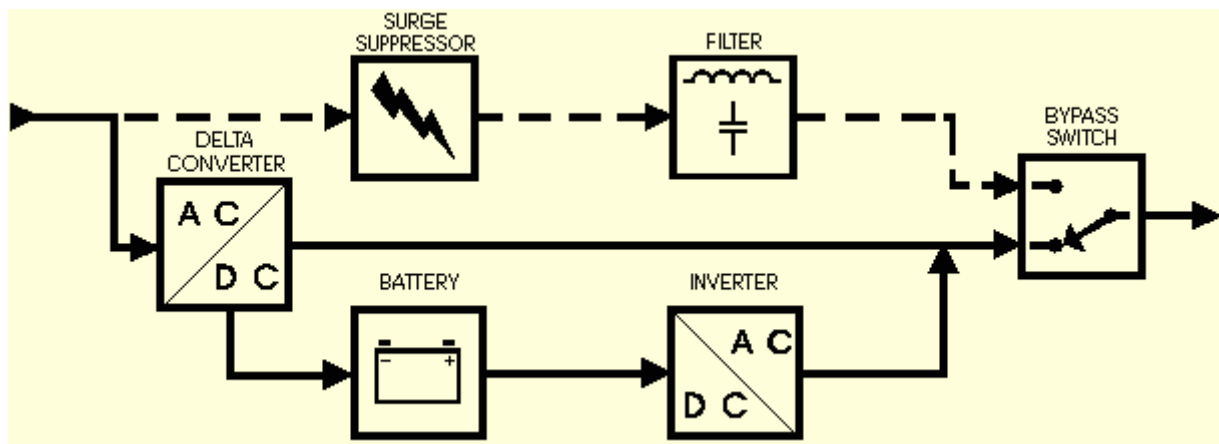


Рисунок 4.6 - Схема Delta Conversion On-Line

4.7 ИБП с двойным преобразованием

В источниках бесперебойного питания происходит с двойным преобразованием входное напряжение преобразуется дважды. Сначала переменное напряжение с помощью выпрямителя преобразуется в постоянное, а затем с помощью инвертора снова в переменное (см. рисунок 4.7). Аккумуляторная батарея подключается к выходу выпрямителя, где непрерывно суммируются напряжения на уровне напряжений постоянного тока. По сути происходит логическое суммирование, которое означает, что напряжение на выходе этого сумматора будет всегда, если есть хотя бы одно из напряжений на входе: от выпрямителя (напряжение от сети) или напряжение от аккумулятора. В нормальном режиме аккумулятор заряжается за счет того, что напряжение на его выходе ниже напряжения с выпрямителя.

За счет такого подключения аккумуляторной батареи ИБП с двойным преобразованием имеют практически нулевое время переключения. Более того, за счет того что в промежуточных схемах напряжение является постоянным, качественно решены задачи стабильности напряжения,

помехозащищённости, его независимости от колебаний напряжения сети, что практически всегда наблюдается у предыдущих моделей ИБП.

Недостатком ИБП с двойным преобразованием можно считать снижение КПД и увеличение стоимости, но вместе с тем эти ИБП можно считать действительно промышленными, т. е. применимыми в промышленных системах электропитания.

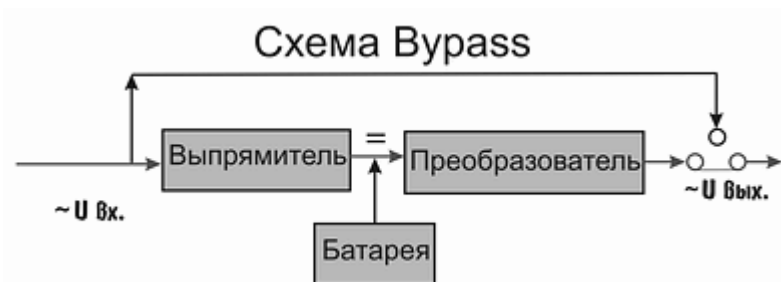


Рисунок 4.7 - Схема ИБП с двойным преобразованием

5 ПОДБОР И ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ РЕЗЕРВНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ДОМА

В работе рассматривается объект малого строительства (коттедж). В системе функционирования этого объекта существует ряд ответственных исполнителей, в том числе электрокотлы, электросигнализация, пожарная сигнализация. Все эти системы должны круглосуточно бесперебойно получать электрическую энергию. Так как периодические отключения электричества способны как вывести из строя любую систему, так и повлиять на работу бытовой техники. На основе проанализированных ранее схем организация резервного питания в работе рассматривается вариант самостоятельной организации резервного электроснабжения дома.

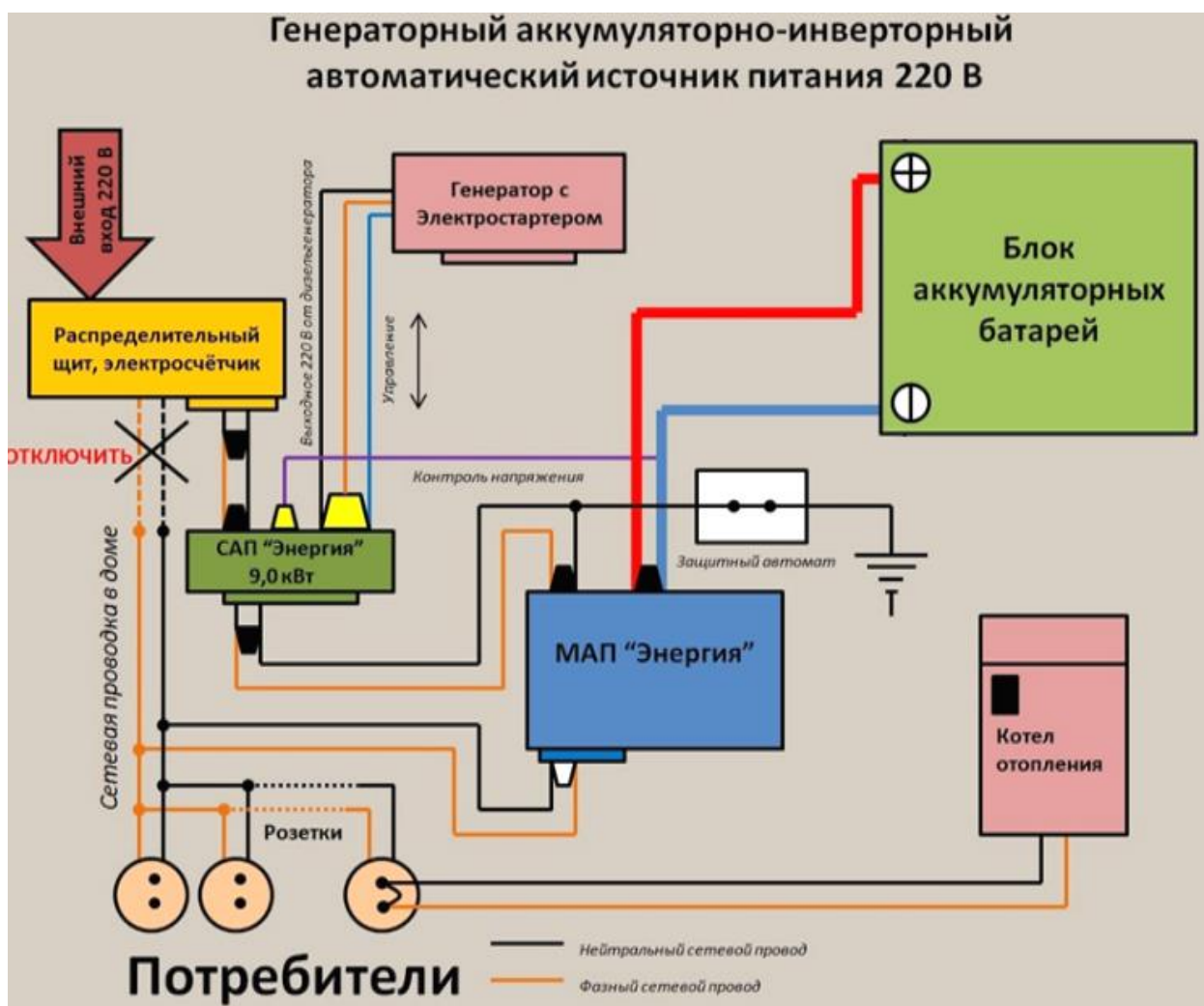


Рисунок 5.1 – Схема резервирования электроснабжения загородного дома

Существует два способа снизить влияние городской электросети на ритм своего быта. Для этого используют или источники бесперебойного питания (ИБП), или аварийные электрические генераторы.

Перед приобретением ИБП следует составить список аварийных потребителей и рассчитать их мощность, потребляемую за наиболее продолжительный период, на который возможно отключение энергии. При этом обязательно учитывается как режим работы оборудования, так и прошлые опыты простоя без электричества.

Устройства, которые необходимо обеспечить резервным питанием:

1. Холодильник — 300 Вт, время работы — 4 ч.
2. Циркуляционный насос — 95 Вт, время работы — 10 ч.
3. Газовый котел и автоматика котельной — 85 Вт, время работы — 10 ч.
4. Зарядка ноутбука и телефонов — 200 Вт, время работы — 3 ч.
5. Электопита — 2000 Вт, время работы — 2 ч.
6. Пожарная сигнализация — 50 Вт, время работы — 10 ч.
7. Электросигнализация — 50 Вт, время работы — 10 ч.
8. Освещение — 50 Вт, время работы — 10 ч.

Таким образом, можно определить общее потребление приборов:

$$1,2 + 0,95 + 0,95 + 0,6 + 2 + 0,5 + 0,5 + 0,5 = 7,1 \text{ кВт/ч в сутки.}$$

Для компенсации временную деградацию аккумуляторов ИБП, к полученному значению необходимо добавить 30%, в результате чего необходимая суточная емкость батареи ИБП составит почти 9,23 кВт/ч. С учетом поправки на время аварийной работы, получается необходимая мощность устройства. Устройства такого класса мощности весьма дорогостоящие и делать дополнительный запас мощности не рентабельно: поскольку ИБП не будет работать под полной нагрузкой, расчетной емкости будет достаточно.

В связи с тем, предполагается длительная автономная работа всех систем и бытового оборудования, а именно более 12 часов, одного ИБП

будет недостаточно. Необходим дополнительный параллельный автономный источник электроэнергии. Решить проблему можно установкой дополнительных батарей или ДВС-генератора. Способ повышения времени автономной работы путём наращивание парка аккумуляторных батарей весьма дорогостоящий и использовать его следует лишь в тех условиях, где установка ДВС-генератора невозможна, например, в квартирах или офисах.

Практика показывает, что параллельное использование этих устройств в любом сочетании имеет свои плюсы:

- электроснабжение осуществляется абсолютно непрерывно;
- характеристики тока, генерируемого портативными электростанциями, далеки от идеальных, но стабилизатор ИБП, за счет УЗИП электронного типа, сглаживает помехи;
- при работе от генератора не нужны устройства высокого класса мощности, достаточно чтобы они соответствовали пиковой нагрузке при одновременно включенных потребителях.

В случае, рассмотренном выше, достаточно ИБП мощностью 1 кВА/ч.

В отдельных случаях используются генераторы с функцией автозапуска. В момент перехода на питание от аварийного генератора и при возникновении нештатных ситуаций (генератор заглох, кончилось топливо), питание переключается на ИБП. В нормальном же режиме генерируемого электричества будет достаточно для поддержки полного заряда батарей и включения всех потребителей в работу.

При невозможности установить генератор, функцию резервного питания на себя берет сборка аккумуляторных батарей достаточной емкости. Тип аккумулятора определяется режимом работы: гелиевые имеют наибольшую цикличность и рассчитаны на частые включения, свинцово-кислотные AGM-аккумуляторы дешевле, их оптимально использовать для работы в режиме байпаса.

Аккумуляторный парк собирается из нескольких параллельно подключенных необслуживаемых аккумуляторов емкостью в 100–200 А/ч.

Суммарная емкость парка должна соответствовать общему энергопотреблению в пересчете на низкое напряжение, то есть в рассмотренном выше случае потребление приборов от сети 230 В составило 9,23 кВт/ч или кВА/ч. При напряжении 12 В это эквивалентно общему потреблению в 769 А/ч, так определяется суммарная емкость парка. При сборке нужно учитывать также собственное энергопотребление системы и потери в проводах низкого напряжения, это примерно 5–7% от первоначальной мощности. Все функции по управлению системой бесперебойного питания берет на себя инвертор с электронным управлением.

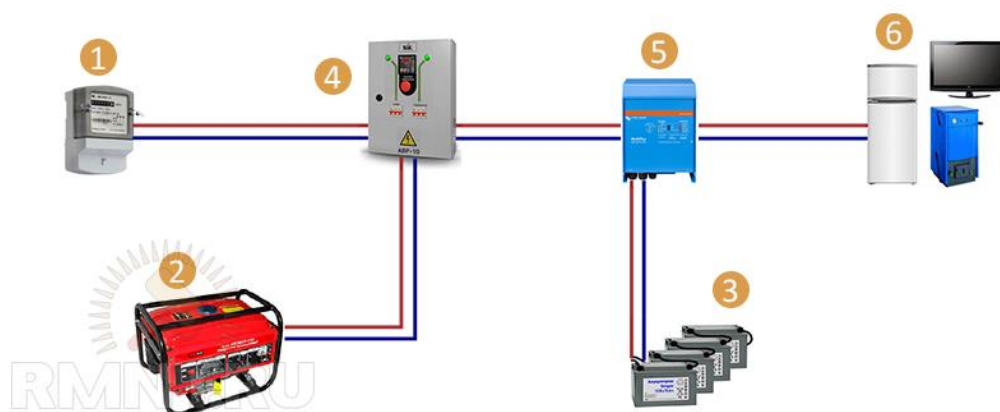


Рисунок 5.2 - Резервная система с блоком АВР: 1 — сеть; 2 — генератор; 3 — аккумуляторный банк; 4 — щит автоматического ввода резерва (АВР); 5 — многофункциональный инвертор; 6 — потребители

При наличии генератора аккумуляторный парк существенно сокращается до одного-двух часов бесперебойной работы. Но потребуются установка устройства АВР с функцией запуска генератора. Могут использоваться простейшие щиты отечественного производства, такие как ЩАПг-3–1–50 «Техэнерго» (~20 000 руб.) или сборки АВР самостоятельного исполнения.

Генераторы электроэнергии по виду используемого двигателя внутреннего сгорания могут быть бензиновыми и дизельными.

Бензиновые служат аварийным источником электроснабжения в случаях частых перебоев с электричеством. Они обладают низким уровнем

шума, компактными размерами и небольшим весом, легко перемещаются благодаря имеющимся колесикам. Мощность таких станций составляет от 0,5 до 12кВт, что вполне достаточно для выполнения небольших объемов работ. Генератор дополнен автозапуском, позволяющим включить электростанцию в тот момент, когда пропадает электроэнергия.

Дизельные электростанции могут служить постоянным источником электричества. Мощность различных моделей колеблется от 3 кВт до 2,5 тысяч кВт. Они различаются также по количеству оборотов в минуту. Станции с высоким количеством оборотов в минуту (около 3 тысяч) предназначены для интенсивного использования, для постоянного энергоснабжения подойдет агрегат с низким числом оборотов (1,5 тысячи). Современные дизельные станции способны выдерживать круглосуточную годовую нагрузку.

По стоимости бензиновые станции дешевле, чем дизельные, но затраты на топливо окажутся выше.

Расчет мощности генератора выполнен по тому же принципу, что и расчёт мощности ИБП + 20% в качестве запаса. Таким образом получается 8,52 кВт/ч.

5.1 Выбор оборудования

Для реализации предложенной схемы выбраны модели оборудования рассмотренные ниже.

5.1.1 Генератор

Модель: *Pramac S9000*

Компания Pramac на сегодняшний день занимает 3-е место в Европе и 5-е в мире по объемам продаж силового оборудования: бензиновых,

дизельных и сварочных электростанций и мотопомп. Электростанции марки «Прамак» изготавливаются в соответствии с международными стандартами качества и экологической безопасности. Генераторы итальянского производства способны работать даже в самых экстремальных условиях и прекрасно подходят для эксплуатации в России.

Основная информация и характеристики дизельной генераторной установки ДГУ приведена в таблицах 5.1. и 5.2

Таблица 5.1 Основная информация (ДГУ)

Производитель	Pramac (Италия)
Модель	S9000
Исполнение	Открытое
Мощность (резервная), кВА	10.3
Мощность (резервная), кВт	8.2
Мощность (основная), кВА	8.8
Мощность (основная), кВт	7
Напряжение, В	380
Гарантия, мес.	12

Таблица 5.2 Характеристики Pramac S9000

Автономия (при 100% нагрузке), ч	8.25
Объем топливного бака, л	24
Вес, кг	160
Габариты (ДхШхВ), мм	960x641x667

5.1.2 Система автоматического пуска электростанций

Модель: *Энергия-9.0*

Система автоматического пуска (САП) Энергия-9.0 рассчитана на управление бензо-газо-дизель-электростанциями с рядом мощностей до 9 кВт. Преимущество упомянутых САП Энергия заключается не только в том, что они могут управлять мини-электростанцией в зависимости от наличия/отсутствия в сети 220 В и, при этом, доступны по цене. Отличительной их особенностью является возможность управления сетью/бензо-газо-дизель-генератором и в зависимости от состояния блока

аккумуляторных батарей с подключенным мощным инвертором МАП Энергия МАП заряжает аккумуляторы от сети или от работающей мини-электростанции, а затем, при отсутствии сети и выключенном дизеле, преобразует запасённую в аккумуляторах энергию в 220 В, что позволяет использовать топливо дизель - электростанции с КПД близким к максимуму. Основные характеристики САП Энергия-9.0 приведены в таблице 5.3

Таблица 5.3 Характеристики САП Энергия-9.0

Мощность	9 кВт
Uвых, В	220
Максимальная мощность	9 кВт
Габариты	18×7×16
Масса без упаковки, кг	1,50

Подобный комплекс (мини-электростанция со встроенным стартером + блок аккумуляторов + инвертор + автоматика управления) имеет ряд принципиально важных преимуществ, проявляющихся и при полном отсутствии промышленной сети 220 В:

- иметь всегда в наличии автономное электричество;
- большую часть времени, при автономном электроснабжении от подобного комплекса, мини-электростанция находится в выключенном состоянии, и, следовательно, обеспечена тишина, отсутствие выхлопных газов, а так же многократно увеличивается общий ресурс её двигателя;
- появляется возможность использования устройств с более сильными пусковыми токами, чем те, на которые рассчитан ваш генератор (у инвертора с аккумуляторами имеется больший запас по перегрузкам), так, например, бензо-электрогенератор, с номинальной/максимальной мощностью 1,7/2,0 кВт соответственно, не способен запустить скважинный насос мощностью 1,3 кВт (так как пусковая мощность последнего не менее 3 кВт), а рекомендуемый для совместной работы инвертор МАП Энергия (модели от 3 кВт) справится с этой задачей;

- существенная экономия топлива;
- в случае если имеется в наличии сеть 220 В, но низкого качества, например, часто пропадает, до включения мини-электростанции дело вообще может не дойти (энергии, запасенной в аккумуляторах, при экономичном потреблении, может хватить на несколько суток);
 - при исчезновении в сети 220 В, всю нагрузку возьмет на себя инвертор, время переключения которого, практически мгновенно (20 - 30 мс);
 - в течение длительного срока (вплоть до месяца), при автономном снабжении, не требуется какого-либо вмешательства со стороны (нет необходимости заводить/глушить мини-электростанцию, заливать в неё топливо, масло, прокачивать топливопроводы и т. п.), что делает доступным данный комплекс для слаба или вообще неподготовленных людей различного возраста.

Принцип работы генератора/комплекса с САП

Ниже сформулированы общие принципы работы генератора с САП.

1. При наличии сети 220 В, от нее, при необходимости и автоматически, посредством МАП-а, подзаряжается блок аккумуляторных батарей. Рекомендуется 4 шт. (или 6 шт. для МАП-а 6 кВт и более) АКБ по 190 - 200 АЧ, соединенных последовательно-параллельно на номинальное напряжение 24 В. Само напряжение 220 В пропускается, при этом, через САП и МАП к потребителям.

2. При исчезновении в сети напряжения 220 В, МАП начинает вырабатывать 220 В и подавать его на свой выход (к потребителям) от энергии, запасенной в АКБ.

3. После истечения некоторого времени автономной работы, при падении напряжения на АКБ ниже 22 В, длительностью более 20 сек, САП дает команду на запуск мини-электростанции (при необходимости, делается до пяти попыток пуска), после прогрева которого (через 3 минуты), вырабатываемое им напряжение 220 В, поступит через МАП к потребителям, причем часть поступающей энергии, МАП направит на заряд АКБ, что обеспечит высокий КПД использования топлива.

4. Когда напряжение на АКБ достигнет 29 В или в сети появится напряжение 220 В, САП дает команду на выключение мини-электростанции. Если в сети по-прежнему нет 220 В, МАП снова начинает вырабатывать 220 В от АКБ, и далее см. п. 3. Если же в сети появилось напряжение 220 В, а напряжение на АКБ еще не достигло 29 В, то их дальнейшая зарядка производится от сети посредством МАП-а. Сетевое напряжение 220 В так же транслируется на выход МАП-а. Далее см. п. 2.

5.1.3 ИИБ

Модель: Инвертор 9 кВт MAP·SIN·PRO·24·9

Основные характеристики инвертора представлены в таблице 5.4.

Таблица 5.4 Характеристики ИИБ

Мощность, кВт	9.00
КПД, %	95
U, В	24.0
U _{вых} , В	220.00
~Частота, Гц	50
Пиковая мощность, кВт*	13.00

Максимальная мощность, кВт**	9.00
Номинальная мощность, кВт	6.00
Собственное потребление на хх, Вт	9.6 - 14.4
Рекомендуемая суммарная емкость АКБ, А·ч	800
Min суммарная емкость АКБ, А·ч	300
Max рекомендуемая емкость кислотных АКБ, А·ч***	3600
Рабочий температурный диапазон, °С	-25...50

Функции инвертора:

- регулируемая двухступенчатая система заряда аккумуляторов;
- наличие байпаса (автоматическая трансляция 220 В);
- корректная работа с мини-электростанцией - перехват нагрузки в случае превышения мощности;
- отображение напряжений, токов, режимов работы и др. на ЖК экране.
- автоматическое временное уменьшение зарядного тока, в случае общего потребления в рамках максимальной мощности миниэлектростанции;
- выравнивание зарядного тока.
- точная подстройка значения выходного напряжения, с возможностью установки его величины по желанию пользователя;
- возможность, по желанию пользователя, менять пороги напряжений начала/конца заряда.

Инвертор МАП "Энергия" SIN представляет собой многофункциональный преобразователь постоянного напряжения (инвертор напряжения) аккумуляторной батареи 12/24/48В в переменное напряжение 220В с частотой 50Гц, с функцией мощного заряда АКБ, и предназначен для питания различных потребителей электроэнергии (электроинструмент, бытовые электроприборы, радиоаппаратура и т.д.).

Инвертор МАП Энергия SIN - это хорошее зарекомендовал себя в решениях для организации бесперебойного питания при аварийных отключениях в электросетях.

При отсутствии напряжения вообще, то совместно с бензо/дизель/газо генератором, прибор с несколькими АКБ (например 4 или 6 шт по 200АЧ) может служить источником автономного электричества с очень высоким КПД. Генератор будет включаться лишь изредка, раз в несколько суток (для подзарядки АКБ), а электричество в наличии будет постоянно. А значит обеспечена тишина, чистый воздух, длительный ресурс генератора и малый расход топлива. Все платы внутри прибора покрываются специальным лаком, что обеспечивает устойчивость к высокой влажности и температурным колебаниям.

5.2 Схема подключения

Рассмотрим вариант установки **АВР** (автоматического включения резерва) для перевода питания с электрической сети на генератор.

Если быть точным, то это действие будет называться автоматикой восстановления действующего электропитания.

5.2.1 Стандартный запуск генератора в работу

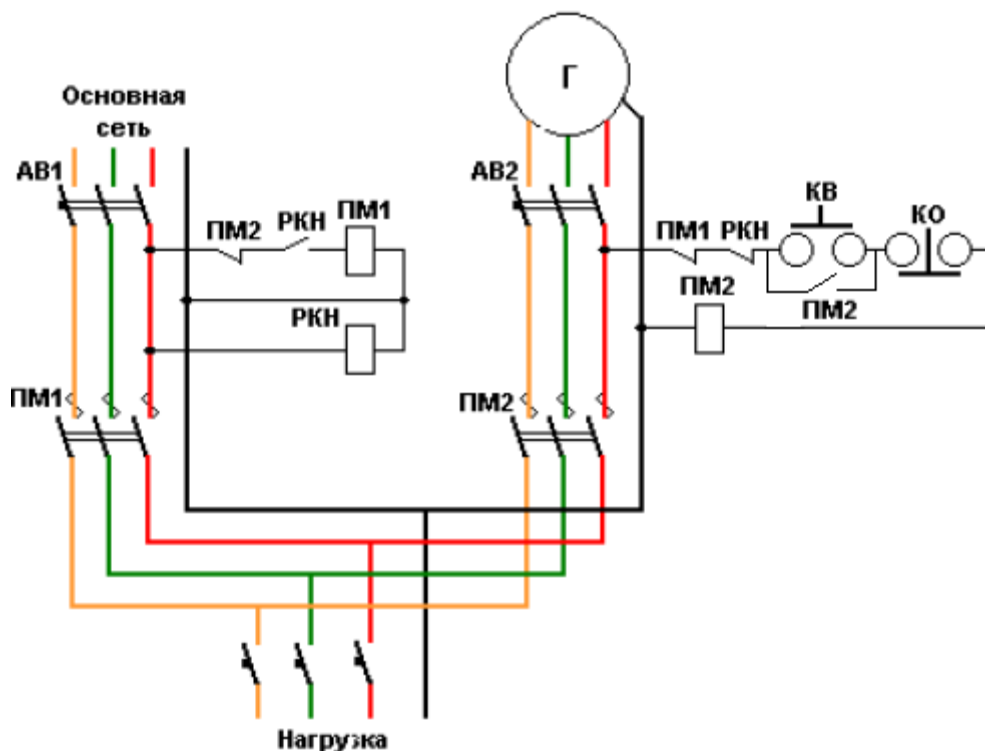


Рисунок 5.3 - Трехфазная схема автоматического восстановления рабочего электропитания от бытового генератора.

Для запуска генератора предусмотрен кнопочный пост с кнопками «пуск» (КВ) и «стоп» (КО). Контакт реле ПМ2, включенный параллельно кнопке КВ, выполняет функцию самоподхвата.

Реле РКН выполняет функцию блокирующего элемента цепи.

При исчезновении основного питания требуется провести некоторые самостоятельные действия, чтобы запустить генератор. Перед пуском проверяется наличие топлива в баке, состояние масляной системы, свечей зажигания. После запуска, включается вводной автомат и кнопка «пуск». Автоматическое включение получается весьма условное.

После подачи основного питания, включается реле контроля напряжения, катушка ПМ2 разрывает цепь, команда об отключении ПМ дает возможность запуска пускателя на основном вводе ПМ1. После этого останавливаем двигатель генератора. Это так называемая упрощенная схема запуска резервного генератора.

5.2.2 Автоматическая схема ввода генератора в работу

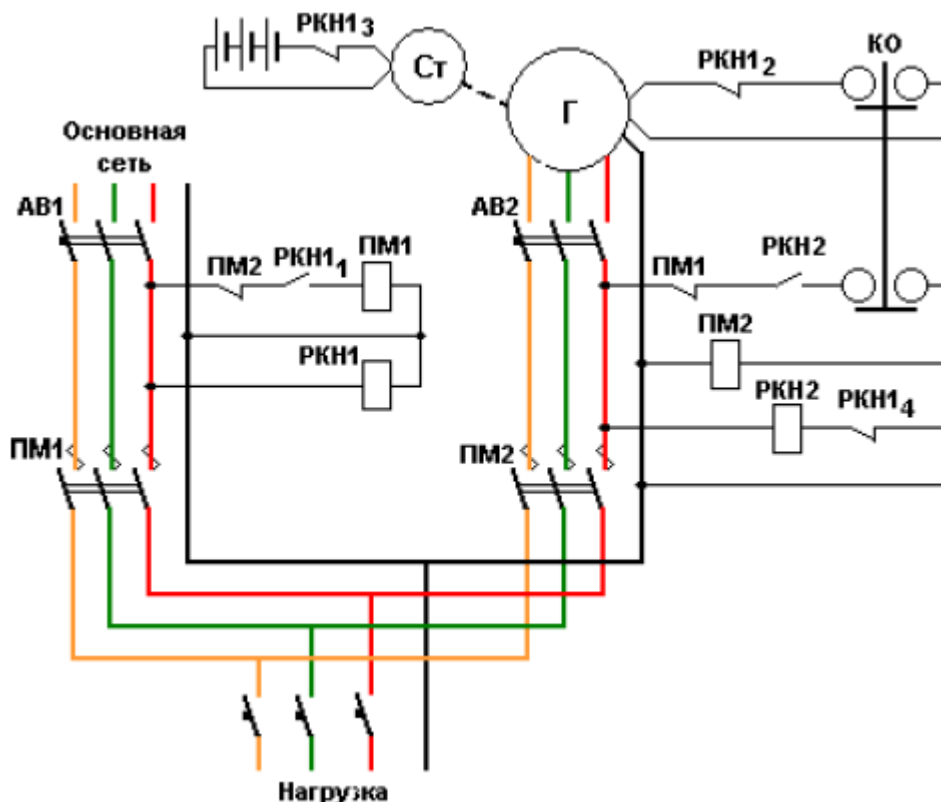


Рисунок 5.4 - Трехфазная схема автоматического включения генератора в сеть

Схема дополнена некоторыми добавочными элементами. Реле РКН1 – контролирует напряжение в главной питающей линии, оно замыкает цепь подачи напряжения от аккумулятора к стартеру (РКН₂), а также служит замыкания цепи зажигания (РКН₃). После пуска генератора и появления величины напряжения удовлетворяющим всем требованиям, реле РКН2 подает питание на пускатель ПМ2, он подает питание потребителю.

Восстановление питания осуществляется за счет РКН1. Контакт РКН4 прерывает катушку РКН2. Контакт РКН₂ служит для разрыва цепи зажигания от двигателя к генератору.

После подачи основного питания (основная сеть, рисунок 5.4), включается реле контроля напряжения, реле РКН2, и ПМ2 отпускают. После отпускания ПМ2 срабатывает ПМ1 и на выход системы подаётся напряжение от сети, двигатель генератора останавливается.

5.3 Графики иллюстрирующие время перехода с сети 220 В на UPS и обратно

На рисунках 5.5 – 5.10 приведены результаты моделирования различных аварийных ситуаций, которые сопровождаются переключениями с одних источников на другие.



Рисунок 5.5 – График перехода 220В → ИБП при нагрузке 100Вт



Рисунок 5.6 - График перехода 220В → ИБП при нагрузке 700Вт



Рисунок 5.7 - График перехода 220В → ИБП при нагрузке 1700Вт



Рисунок 5.8 - График перехода 220В → ИБП при нагрузке 3000Вт



Рисунок 5.9 - График перехода 220В → ИБП при нагрузке 700Вт во время заряда



Рисунок 5.10 - График перехода ИБП → 220В при нагрузке 700Вт

По результатам моделирования следует отметить, что во всех случаях в момент переключения возникают искажения напряжения. В одном случае это связано с исчезновением напряжения, в другом - с возникновением высокочастотных помех. Но в в любом случае длительность искажений напряжения составляет не более 10 % от периода переменного напряжения.

6 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

6.1 Производственная безопасность

6.1.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования

Согласно номенклатуре, опасные и вредные факторы по ГОСТ 12.0.003-74 делятся на следующие группы:

- физические;
- химические;
- психофизиологические;
- биологические.

Перечень опасных и вредных факторов, влияющих на персонал в заданных условиях деятельности, представлен в таблице 6.1.

Таблица 6.1– Перечень опасных и вредных факторов технологии производства

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
<ul style="list-style-type: none">• Управление механизмами поста управления, работа с ПЭВМ;• Выполнение визуальных осмотров всех основных и вспомогательных механизмов до начала их использования при выполнении работ;	<ul style="list-style-type: none">• Температура;• Влажность• Напряженность зрения;• Напряженность труда в течение смены;• Естественное и искусственное освещение;• Электромагнитные излучения;• Шум	<ul style="list-style-type: none">• Движущиеся механизмы, подвижные части производственного оборудования;• Электрический ток.	<ul style="list-style-type: none">• Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений СанПиН 2.2.4-548-96;• Нормы естественного и искусственного освещения предприятий, СНиП 23-05-95;• Допустимые уровни шумов в производственных помещениях. ГОСТ 12.1.003-83. ССБТ;• Гигиенические

<ul style="list-style-type: none"> • Ведение технологического процесса приема и укладки металла в приемные карманы (стеллажи), склады цеха. 			требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы, СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03; <ul style="list-style-type: none"> • Защитное заземление, зануление, ГОСТ 12.1.030–81 ССБТ.
--	--	--	--

Эти факторы могут влиять на состояние здоровья, привести к травмоопасной или аварийной ситуации, поэтому следует установить эффективный контроль за соблюдением норм и требований, предъявленных к их параметрам.

6.1.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на производстве при внедрении объекта исследования

В условиях современного интенсивного использования ЭВМ важное значение имеет изучение психофизиологических особенностей и возможностей человека с целью создания вычислительной техники, обеспечивающей максимальную производительность труда и сохранение здоровья людей. Игнорирование эргономики может привести к довольно серьезным последствиям.

При внедрении усовершенствованной системы управления технологическим процессом важную роль играет планировка рабочего места. Она должна соответствовать правилам охраны труда и удовлетворять требованиям удобства выполнения работы, экономии энергии и времени оператора.

Основным документом, определяющим условия труда на персональных ЭВМ, являются «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы». Санитарные

нормы и правила СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, которые были введены 30 июня 2003 года.

В Правилах указаны основные требования к помещениям, микроклимату, шуму и вибрации, освещению помещений и рабочих мест, организации и оборудованию рабочих мест.

Основным опасным фактором является опасность поражения электрическим током. Исходя из анализа состояния помещения, пост управления №8 по степени опасности поражения электрическим током можно отнести к классу помещений без повышенной опасности (согласно ПУЭ).

Основным опасным производственным фактором на рабочем месте оператора поста управления является высокое напряжение в сети, от которой запитана система управления.

6.2 Экологическая безопасность

6.2.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

В ходе выполнения ВКР было рассмотрено ИБП, устройство которого необходимо для нормальной работы компьютера. Рассмотрим влияние ИБП и компьютера на окружающую среду.

Увеличение производства находится в прямой зависимости от состояния энергетики. Развитие энергетики оказывает существенное влияние на природную среду, являясь источником различных видов загрязнений воздуха, воды, земной поверхности и ее недр, а также основным потребителем топливных ресурсов, определяющим уровень его добычи.

6.2.2 Анализ влияния процесса эксплуатации объекта на окружающую среду

Компьютер спроектирован для использования в стационарных, защищенных от внешних воздействий условиях. Условия эксплуатации превосходят требования DIN IEC 60721-3-3.

- класс 3М3 (механические требования)
- класс 3К3 (климатические требования)

Компьютер и его компоненты соответствуют требованиям стандартов ГОСТ Р МЭК 60950-2002, ГОСТ 26329-84 (п. п. 1.2; 1.3), ГОСТ Р 51318.22-99, ГОСТ 51318.24-99, ГОСТ Р 51317.3.2-99, ГОСТ Р 51317.3.3-99. Основное влияние на окружающую среду заключается в образовании и поступлении твердых отходов в виде отработанных ПК, их компонентов и содержащихся в них вредных веществ.

6.2.3 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды

Снижение загрязнения возможно за счет совершенствования оборудования, производящего электроэнергию, применения более экономичных и результативных технологий, использования новых методов получения электроэнергии и внедрения современных методов и способов очистки и обезвреживания отходов производства. Кроме того, эта проблема должна решаться и за счет эффективного и экономного использования электроэнергии самими потребителями, а это использование более экономичного оборудования, а также эффективного режима загрузки этого оборудования. Сюда также включается и соблюдение производственной дисциплины в рамках правильного использования электроэнергии.

Одноплатные микрокомпьютеры фирмы Raspberry Pi, могут утилизироваться, так как не содержат токсических материалов. Для безопасной с точки зрения охраны окружающей среды утилизации и удаления старых устройств необходимо обратиться к компании фирмы Raspberry, имеющей сертификат на утилизацию и удаления лома электронного оборудования.

Организация, в которой предполагается использовать разработанную систему, влияет на окружающую среду как потребитель электроэнергии, поскольку здесь работает большое количество электрооборудования и осветительных приборов.

Из этого можно сделать простой вывод, что необходимо стремиться к снижению энергопотребления, то есть разрабатывать и внедрять системы с малым энергопотреблением.

В современных компьютерах, повсеместно используются режимы с пониженным потреблением электроэнергии при длительном простое.

6.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

6.3.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований

На объекте возможные следующие ЧС:

- короткое замыкание;
- пожар.

Наиболее типичной ЧС для данного объекта является короткое замыкание.

Данная система является портативным электронным устройством, работающим от постоянного напряжения. Для данного устройства вероятна ситуация короткого замыкания.

Для предупреждения ЧС на объекте приняты следующие меры:

- защитное заземление;
- изоляция контактов;
- регулярная проверка целостности контактов и дорожек на плате;

Для повышения устойчивости объекта к данной ЧС приняты следующие меры:

- используется внешний стабилизатор напряжения.

В случае возникновения на объекте ЧС будут произведены следующие действия:

- немедленное аварийное отключение устройства;
- обесточивание всей лаборатории во избежание короткого замыкания.

В этом разделе наиболее актуальным будет рассмотрение вида ЧС - пожар, определение категории помещения по пожаровзрывобезопасности в котором происходит управление технологическим процессом, то есть пост управления №8 и регламентирование мер противопожарной безопасности.

Рабочее место оператора поста управления, должно соответствовать требованиям ФЗ Технический регламент по ПБ и норм пожарной безопасности (НПБ 105-03) и удовлетворять требованиям по предотвращению и тушению пожара по ГОСТ 12.1.004-91 и СНиП 21-01-97.

По пожарной, взрывной, взрывопожарной опасности помещение (ПУ№8) относится к категории В – горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть.

Основным поражающим фактором пожара для помещений данной категории является наличие открытого огня и отравление ядовитыми продуктами сгорания оборудования.

6.3.2 Анализ причин, которые могут вызвать ЧС на производстве при внедрении объекта исследований

Пожар в помещении может возникнуть вследствие причин неэлектрического и электрического характера.

К причинам неэлектрического характера относятся халатное и неосторожное обращение с огнем (курение, оставление без присмотра нагревательных приборов).

К причинам электрического характера относятся:

- короткое замыкание;
- перегрузка проводов;
- большое переходное сопротивление;
- искрение;
- статическое электричество.

Режим короткого замыкания – появление в результате резкого возрастания силы тока, электрических искр, частиц расплавленного металла, электрической дуги, открытого огня, воспламенившейся изоляции.

Причины возникновения короткого замыкания:

- ошибки при проектировании.

- старение изоляции.
- увлажнение изоляции.

Пожарная опасность при перегрузках – чрезмерное нагревание отдельных элементов, которое может происходить при ошибках проектирования в случае длительного прохождения тока, превышающего номинальное значение.

Пожарная опасность переходных сопротивлений – возможность воспламенения изоляции или других близлежащих горючих материалов от тепла, возникающего в месте аварийного сопротивления (в переходных клеммах, переключателях и др.).

6.3.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС

Пожарная безопасность объекта должна обеспечиваться системами предотвращения пожара и противопожарной защиты, в том числе организационно-техническими мероприятиями.

Пожарная защита должна обеспечиваться применением средств пожаротушения, а также применением автоматических установок пожарной сигнализации.

Должны быть приняты следующие меры противопожарной безопасности:

- обеспечение эффективного удаления дыма, т.к. в помещениях, имеющих оргтехнику, содержится большое количество пластиковых веществ, выделяющих при горении летучие ядовитые вещества и едкий дым;
- обеспечение правильных путей эвакуации;
- наличие огнетушителей и пожарной сигнализации;
- соблюдение всех противопожарных требований к системам отопления и кондиционирования воздуха.

Для тушения пожаров на участке производства необходимо применять углекислотные (ОУ-5 или ОУ-10) и порошковые огнетушители

(например, типа ОП-10), которые обладают высокой скоростью тушения, большим временем действия, возможностью тушения электроустановок, высокой эффективностью борьбы с огнем.

Помещение оборудовано пожарными извещателями, которые позволяют оповестить дежурный персонал о пожаре. В качестве пожарных извещателей в помещении устанавливаются дымовые фотоэлектрические извещатели типа ИДФ-1 или ДИП-1.

Выведение людей из зоны пожара должно производиться по плану эвакуации.

План эвакуации представляет собой заранее разработанный план (схему), в которой указаны пути эвакуации, эвакуационные и аварийные выходы, установлены правила поведения людей, порядок и последовательность действий в условиях чрезвычайной ситуации по п. 3.14 ГОСТ Р 12.2.143-2002.

Согласно Правилам пожарной безопасности, в Российской Федерации ППБ 01-2003 (п. 16) в зданиях и сооружениях (кроме жилых домов) при одновременном нахождении на этаже более 10 человек должны быть разработаны и на видных местах вывешены планы (схемы) эвакуации людей в случае пожара.

План эвакуации людей при пожаре из помещения, где расположен диспетчерский пункт (пост управления), представлен на рис. 6.1

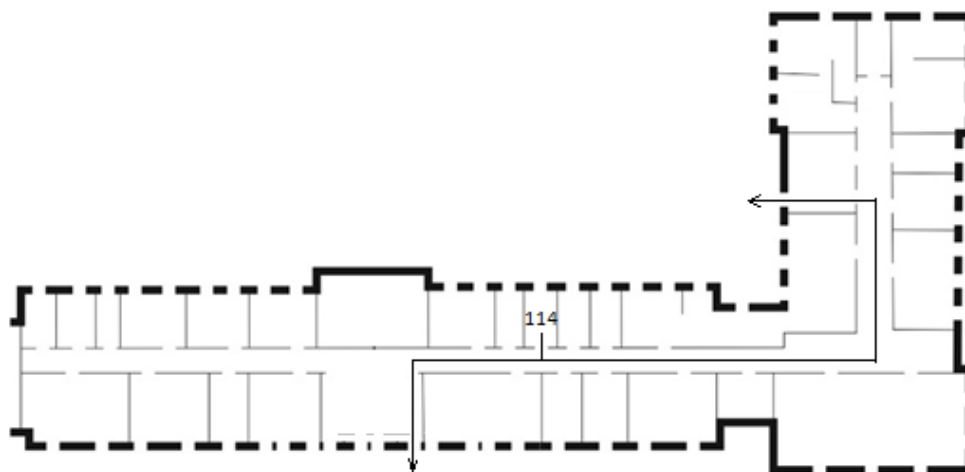


Рисунок 6.1 - План эвакуации при пожаре

Ответственность за нарушение Правил пожарной безопасности, согласно действующему федеральному законодательству, несет руководитель объекта.

6.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

6.4.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства

Нормы трудового права – это правила трудовых отношений, установленные или санкционированные государством посредством законодательных актов.

Нормы трудового права регулируют любые отношения, связанные с использованием личного труда.

Формы их реализации разнообразны:

- собственно, трудовые отношения;
- организация труда и управление им;
- трудоустройство работников;
- социальное партнерство, коллективные отношения;
- содействие занятости безработных лиц;
- организация профессиональной подготовки и повышения квалификации;
- обеспечение мер по охране труда граждан;
- осуществление контроля и надзора за соблюдением законодательства;
- социальная и правовая защита работников, решение трудовых споров;
- деятельность профессиональных союзов;
- отношения взаимной материальной ответственности работника и работодателя;
- защита прав и интересов работодателей.

Рассмотрим регулирование коллективных отношений.

Настоящий коллективный договор является правовым актом, регулирующим социально-трудовые отношения работников ФГАОУ НИ ТПУ с работодателем.

Основной задачей коллективного договора является создание необходимых организационно-правовых условий для достижения оптимального согласования интересов сторон трудовых отношений.

По заключенному коллективному договору работодатель обязан:

- соблюдать трудовое законодательство и иные нормативные правовые акты, содержащие нормы трудового права, локальные нормативные акты, условия коллективного договора, соглашений и трудовых договоров;
- предоставлять работникам работу, обусловленную трудовым договором;
- обеспечивать безопасность и условия труда, соответствующие государственным нормативным требованиям охраны труда;
- обеспечивать работников оборудованием, инструментами, технической документацией и иными средствами, необходимыми для исполнения ими трудовых обязанностей;
- обеспечивать работникам равную оплату за труд равной ценности, постоянно совершенствовать организацию оплаты и стимулирования труда, обеспечить материальную заинтересованность работников в результатах их труда;
- выплачивать в полном размере причитающуюся работникам заработную плату в сроки, установленные в соответствии с ТК РФ, коллективным договором, настоящими Правилами, трудовыми договорами;
- вести коллективные переговоры, а также заключать коллективный договор в порядке, установленном ТК РФ;

- знакомить работников под роспись с принимаемыми локальными нормативными актами, непосредственно связанными с их трудовой деятельностью;
- создавать условия, обеспечивающие участие работников в управлении организацией в предусмотренных ТК РФ, иными федеральными законами и коллективным договором формах;
- осуществлять обязательное социальное страхование работников в порядке, установленном федеральными законами;
- возмещать вред, причиненный работникам в связи с исполнением ими трудовых обязанностей, а также компенсировать моральный вред в порядке и на условиях, которые установлены ТК РФ, федеральными законами и иными нормативными правовыми актами РФ;
- принимать необходимые меры по профилактике производственного травматизма, профессиональных или других заболеваний работников, своевременно предоставлять льготы и компенсации в связи с вредными (опасными, тяжелыми) условиями труда (сокращенный рабочий день, дополнительные отпуска и др.), обеспечивать в соответствии с действующими нормами и положениями специальной одеждой и обувью, другими средствами индивидуальной защиты;
- постоянно контролировать знание и соблюдение работниками всех требований инструкций по охране труда, производственной санитарии и гигиене труда, противопожарной безопасности;

Работодатель обязуется проводить аттестацию и сертификацию рабочих мест один раз в пять лет с участием представителя профкома.

Если по результатам аттестации рабочее место не соответствует санитарно-гигиеническим требованиям и признано условно аттестованным, разрабатывать совместно с профкомом план мероприятий по улучшению и

оздоровлению условий труда на данном рабочем месте и обеспечивать их выполнение.

Ежегодно издавать приказ о мероприятиях по охране труда и промышленной безопасности, считать эти мероприятия соглашением по охране труда на год.

Обеспечивать за счет средств работодателя:

- Проведение инструктажей по охране труда, обучение лиц, поступающих на работу с вредными и (или) опасными условиями труда, безопасным методам и приемам выполнения работ со стажировкой на рабочем месте и сдачей экзаменов, проведение периодического обучения по охране труда и проверку знаний требований охраны труда в период работы.
- Проведение обязательных периодических медицинских осмотров (обследований) работников, в том числе женщин в женской консультации, в рабочее время по графику медицинских осмотров, с сохранением за ними места работы (должности) и среднего заработка на время прохождения указанных медицинских осмотров.
- Наличие на производственных участках аптечек для оказания первой помощи пострадавшим и обработки микротравм; наличие в аптечках рекомендованного МЛПУ «Городская клиническая больница №1» перечня средств и медикаментов, их ежегодную замену.

Перечень изменений и дополнений к нормативам, утвержденным законодательством РФ выдачи спецодежды, спецобуви и средств индивидуальной защиты определяется приложением к коллективному договору.

6.5 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

6.5.1 Эргономические требования к рабочему месту оператора ПЭВМ

Проектирование рабочих мест, снабженных видеотерминалами, относится к числу важных проблем эргономического проектирования в области вычислительной техники.

Организация рабочего места программиста или оператора регламентируется следующими нормативными документами:

ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ, ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ, СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 и рядом других.

Эргономическими аспектами проектирования видеотерминальных рабочих мест, в частности, являются: высота рабочей поверхности, размеры пространства для ног, требования к расположению документов на рабочем месте (наличие и размеры подставки для документов, возможность различного размещения документов, расстояние от глаз пользователя до экрана, документа, клавиатуры и т.д.), характеристики рабочего кресла, требования к поверхности рабочего стола, регулируемость элементов рабочего места.

Главными элементами рабочего места программиста или оператора являются стол и кресло. Основным рабочим положением является положение сидя.

Рациональная планировка рабочего места предусматривает четкий порядок и постоянство размещения предметов, средств труда и документации. То, что требуется для выполнения работ чаще, расположено в зоне легкой досягаемости рабочего пространства.

Моторное поле - пространство рабочего места, в котором могут осуществляться двигательные действия человека.

Максимальная зона досягаемости рук - это часть моторного поля рабочего места, ограниченного дугами, описываемыми максимально вытянутыми руками при движении их в плечевом суставе.

Оптимальная зона - часть моторного поля рабочего места, ограниченного дугами, описываемыми предплечьями при движении в локтевых суставах с опорой в точке локтя и с относительно неподвижным плечом.

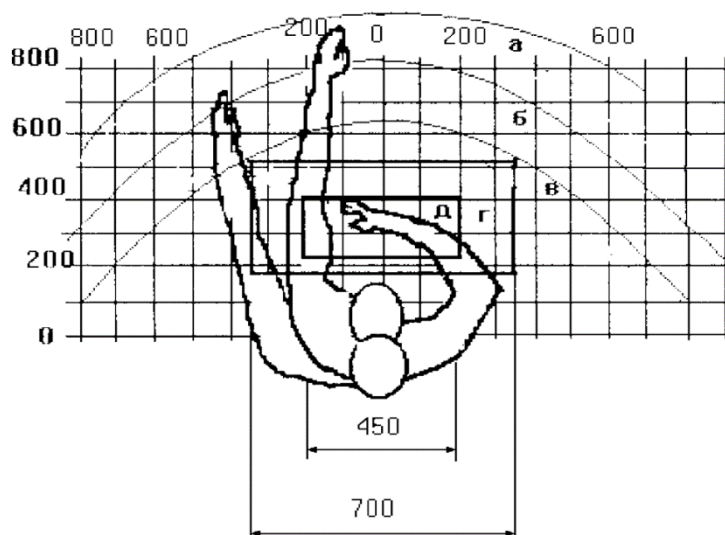


Рисунок 6.2 - Зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости

- а - зона максимальной досягаемости;
- б - зона досягаемости пальцев при вытянутой руке;
- в - зона легкой досягаемости ладони;
- г - оптимальное пространство для грубой ручной работы;
- д - оптимальное пространство для тонкой ручной работы.

Оптимальное размещение предметов труда и документации в зонах досягаемости:

- дисплей размещается в зоне "а" (в центре);
- системный блок размещается в предусмотренной нише стола;
- клавиатура - в зоне "г"/"д";
- манипулятор "мышь" - в зоне "в" справа;
- документация: необходимая при работе - в зоне легкой досягаемости ладони – "в", а в выдвижных ящиках стола - литература, неиспользуемая постоянно.

Для комфортной работы стол должен удовлетворять следующим условиям:

- высота стола должна быть выбрана с учетом возможности сидеть свободно, в удобной позе, при необходимости опираясь на подлокотники;
- нижняя часть стола должна быть сконструирована так, чтобы программист мог удобно сидеть, не был вынужден поджимать ноги;
- поверхность стола должна обладать свойствами, исключающими появление бликов в поле зрения программиста;
- конструкция стола должна предусматривать наличие выдвижных ящиков (не менее 3 для хранения документации, листингов, канцелярских принадлежностей).
- высота рабочей поверхности рекомендуется в пределах 680-760 мм. Высота поверхности, на которую устанавливается клавиатура, должна быть около 650 мм.

Большое значение придается характеристикам рабочего стула (кресла).

Рабочий стул (кресло) должен быть подъемно-поворотным и регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также регулируемым по расстоянию спинки от переднего края сиденья.

Конструкция стула должна обеспечивать:

- ширину и глубину поверхности сиденья не менее 400 мм;
- поверхность сиденья с закругленным передним краем;
- регулировку высоты поверхности сиденья в пределах 400 - 550 мм и углов 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.

Поверхность сиденья, спинки и других элементов стула (кресла) должна быть полумягкой с нескользящим, неэлектризующимся и воздухопроницаемым покрытием, обеспечивающим легкую очистку от загрязнения.

Кресло следует устанавливать на такой высоте, чтобы не чувствовалось давления на копчик (это может быть при низком расположении кресла) или на бедра (при слишком высоком).

Работающий за ПЭВМ должен сидеть прямо, опираясь в области нижнего края лопаток на спинку кресла, не сутулясь, с небольшим наклоном головы вперед (до $5-7^\circ$). Предплечья должны опираться на поверхность стола, снимая тем самым статическое напряжение плечевого пояса и рук.

Рабочее место должно быть оборудовано подставкой для ног, имеющей ширину не менее 300 мм, глубину не менее 400 мм, регулировку по высоте в пределах до 150 мм и по углу наклона опорной поверхности подставки до 20° . Поверхность подставки должна быть рифленой и иметь по переднему краю бортик высотой 10 мм.

Необходимо предусматривать при проектировании возможность различного размещения документов: сбоку от видеотерминала, между монитором и клавиатурой и т.п. Кроме того, в случаях, когда видеотерминал имеет низкое качество изображения, например, заметны мелькания, расстояние от глаз до экрана делают больше (около 700 мм), чем расстояние от глаза до документа (300 - 450 мм). Вообще при высоком качестве изобра-

жения на видеотерминале расстояние от глаз пользователя до экрана, документа и клавиатуры может быть равным.

Положение экрана определяется:

- расстоянием считывания (0,6...0,7 м);
- углом считывания, направлением взгляда на 20° ниже горизонтали к центру экрана, причем экран перпендикулярен этому направлению.

Должна также предусматриваться возможность регулирования экрана:

- по высоте +3 см;
- по наклону от -10° до $+20^\circ$ относительно вертикали;
- в левом и правом направлениях.

Большое значение также придается правильной рабочей позе пользователя. При неудобной рабочей позе могут появиться боли в мышцах, суставах и сухожилиях.

Требования к рабочей позе пользователя видеотерминала следующие:

- голова не должна быть наклонена более чем на 20° ;
- плечи должны быть расслаблены;
- локти - под углом $80^\circ \dots 100^\circ$;
- предплечья и кисти рук - в горизонтальном положении.

Причина неправильной позы пользователей обусловлена следующими факторами:

- нет хорошей подставки для документов;
- клавиатура находится слишком высоко, а документы – низко;
- некуда положить руки и кисти;
- недостаточно пространство для ног.

Создание благоприятных условий труда и правильное эстетическое оформление рабочих мест на производстве имеет большое значение как для облегчения труда, так и для повышения его привлекательности, положительно влияющей на производительность труда.

7 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

7.1 Организация и планирование работ

При организации процесса реализации конкретного проекта необходимо рационально планировать занятость каждого из его участников и сроки проведения отдельных работ. Сведём все данные в таблицу 7.1.

Таблица 7.1 – Перечень выполняемых работ с указанием доли участия исполнителей

Этапы работы	Исполнители	Загрузка исполнителей
1. Постановка целей и задач исследования	НР, С	НР – 80% С – 20%
2. Обзор научной литературы	С	С – 100%
3. Разработка технического задания (ТЗ)	НР, С	НР – 20% С – 80%
4. Разработка календарного плана выполнения работ	НР, С	НР – 30% С – 70%
5. Разработка схем: структурной, функциональной, внешних проводок	НР, С	НР – 10% С – 90%
6. Выбор архитектуры и алгоритмов управления	НР, С	НР – 20% С – 80%
7. Проведение исследования по тематике работы	С	С – 100%
8. Обработка полученных результатов	НР, С	НР – 20% С – 80%
9. Оформление расчетно-пояснительной записки	С	С – 100%
10. Оформление графического материала	С	С – 100%
11. Подведение итогов	НР	НР – 100%

На первом этапе происходит постановка цели и задачи исследования – анализ и изучение способов резервирования электроэнергии, а так же типовых систем электроснабжения АСУ ТП промышленных объектов. Тематика выбирается научным руководителем и обсуждается со студентом.

На втором этапе студент производит поиск научной литературы по предоставленной тематике для ознакомления и изучения необходимого материала. В дальнейшем данный материал будет использоваться для проведения исследований и разработки устройства.

На третьем этапе студент совместно с научным руководителем разрабатывают техническое задание (ТЗ). Данный документ является основополагающим при проведении дальнейшего исследования и разработки.

На четвертом этапе реализуется календарный план выполнения работ, обусловленный сроком обучения в магистратуре.

На пятом этапе студент занимается разработкой функциональной, структурной и схем внешних проводок данной установки. Данные схемы показывают общую структуру устройства и связи между его компонентами. В дальнейшем модернизация установки будет основываться на данных документах.

На шестом этапе производится выбор архитектуры и алгоритмов управления. Затем студент начинает выполнение исследовательской части работы (седьмой этап) – в данном случае исследование заключается в достижении требуемых показателей качества переходного процесса.

На восьмом, девятом и десятом этапе студент, под руководством научного руководителя занимается интерпретацией и обработкой результатов, а также оформлением расчетно-пояснительной записки и графического материала (графические материалы результатов исследования, презентация проекта).

Одиннадцатый этап заключается в подведении итогов проведенной работы, получении студентом обратной связи от научного руководителя и

комиссии на защите дипломного проекта.

7.1.1 Продолжительность этапов работ

Так как отсутствует нормативная база по проводимым работам, а также достоверная информация о процессе выполнения подобных работ иными исполнителями, воспользуемся экспертным способом оценки продолжительности выполнения запланированных работ.

Произведем оценку минимального и максимального времени выполнения каждого из этапов. Рассчитаем ожидаемое время выполнения работ, воспользовавшись формулой:

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{min} + 2 \cdot t_{max}}{5},$$

где $t_{ожi}$ – ожидаемое время выполнения i -го этапа работ в чел.-дн., t_{min} – минимальная продолжительность работы, дн.; t_{max} – максимальная продолжительность работы, дн.

Ожидаемое, минимальное и максимальное время исполнения в предложенной выше формуле, оцениваются в рабочих днях на человека. Произведем перевод этих величин в календарные дни, воспользовавшись следующей формулой:

$$T_{кд} = T_{рд} \cdot T_{к},$$

где $T_{кд}$ – продолжительность выполнения этапа в календарных днях; $T_{к}$ – коэффициент календарности, позволяющий перейти от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях, и рассчитываемый по формуле

$$T_{к} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вд} - T_{пд}}$$

где $T_{кал}$ – календарные дни ($T_{кал} = 365$); $T_{вд}$ – выходные дни ($T_{вд} = 52$); $T_{пд}$ – праздничные дни ($T_{пд} = 10$).

$$T_{к} = \frac{365}{365 - 92 - 26} = 1,48$$

В свою очередь рабочие дни рассчитываются по следующей формуле:

$$T_{РД} = \frac{t_{ож}}{K_{ВН}} \cdot K_{Д},$$

$K_{ВН}$ – коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определенных длительностей, в частности, возможно $K_{ВН} = 1$; $K_{Д}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ ($K_{Д} = 1-1,2$; в этих границах конкретное значение принимает сам исполнитель).

Для простоты расчетов примем $K_{Д}$ и $K_{ВН}$, равными единице. Тогда формула для расчета календарных дней преобразуется в следующую:

$$T_{КД} = T_{РД} \cdot T_{К} = t_{ож} \cdot T_{К} = \frac{3t_{min} + 2t_{max}}{5} \cdot 1,48$$

Воспользовавшись данными из таблицы 7.1, приведенными выше формулами, произведем расчет продолжительности выполнения работ научным руководителем и студентом в календарных днях. Результаты расчетов представлены в таблице 7.2. На основе данной таблице составим линейный график работ, представленный в таблице 7.3.

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям чел.-дн.			
					$T_{РД}$		$T_{КД}$	
		t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	НР	С	НР	С
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Постановка целей и задач исследования	НР, С	4	5	4,4	3,52	0,88	5,2096	1,3024
2. Обзор научной литературы	С	7	10	8,2	0	8,2	0	12,136
3. Разработка технического задания (ТЗ)	НР, С	30	40	34	6,8	27,2	10,064	40,256
4. Разработка календарного плана выполнения работ	НР, С	6	8	6,8	2,04	4,76	3,0192	7,0448
10. Разработка схем: структурной, функциональной и внешних проводок	НР, С	7	14	9,8	0,98	8,82	1,4504	13,0536
6. Выбор архитектуры и алгоритмов управления	НР, С	15	25	19	3,8	15,2	5,624	22,496
7. Проведение исследования по тематике работы	С	8	12	9,6	0	9,6	0	14,208
8. Обработка полученных результатов	НР, С	7	10	8,2	1,64	6,56	2,4272	9,7088
9. Оформление расчетно-пояснительной записки	С	14	18	15,6	0	15,6	0	23,088

10. Оформление графического материала	С	4	8	5,6	0	5,6	0	8,288
11. Подведение итогов	НР	4	5	4,4	4,4	0	6,512	0
Итого:				125,6	23,18	102,42	34,3064	151,5816

Таблица 7.2 – Расчет трудозатрат на выполнение проекта

Таблица 7.3 – Линейный график работ

Этап	НР	С	Октябрь			Ноябрь			Декабрь			Март			Апрель			Май
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160
1	5,21	1,3	■															
2	0	12,1 4	■	■														
3	10,0 6	40,2 6			■	■	■	■										
4	3,02	7,05						■	■									
5	1,45	13,0 5						■	■									
6	5,62	22,5							■	■	■							
7	0	14,2 1										■	■	■				
8	2,43	9,71											■	■				
9	0	23,1												■	■	■		
10	0	8,29															■	
11	6,51	0																■

НР – ■;

С ■

—

7.1.2 Расчет накопления готовности проекта

Произведем оценку текущих результатов работы над проектом. Величина накопления готовности работы показывает, на сколько процентов по окончании текущего этапа выполнен общий объем работ по проекту в целом. Степень готовности будет рассчитываться по следующей формуле:

$$CG_i = \frac{TP_i^H}{TP_{общ.}} = \frac{\sum_{k=1}^i TP_k}{TP_{общ.}} = \frac{\sum_{k=1}^i \sum_{j=1}^m TP_{km}}{\sum_{k=1}^I \sum_{j=1}^m TP_{km}},$$

- где TP_i^H – накопленная трудоемкость i -го этапа проекта по его завершении; $TP_{общ.}$ – общая трудоемкость проекта; TP_i^H – накопленная трудоемкость i -го этапа проекта по его завершении; TP_{ij} (TP_{kj}) – трудоемкость работ, выполняемых j -м участником на i -м этапе, здесь $j = \overline{1, m}$ – индекс исполнителя, $m = 2$.

Таблица 7.4 – Нарастание технической готовности работы и удельный вес каждого этапа

Этапы работы	$TP_i, \%$	$CG_i, \%$
1. Постановка целей и задач исследования	3,5	3,5
2. Обзор научной литературы	6,53	10,03
3. Разработка технического задания (ТЗ)	27,07	37,1
4. Разработка календарного плана выполнения работ	5,42	42,52
5. Разработка схем: структурной, функциональной и внешних проводок	7,8	50,32
6. Разработка принципиальной эл. схемы и выбор компонентов	15,13	65,45
7. Проведение исследования по тематике работы	7,64	73,09
8. Обработка полученных результатов	6,53	79,62
9. Оформление расчетно-пояснительной записки	12,43	92,05
10. Оформление графического материала	4,45	96,5

11. Подведение итогов	3,5	100
-----------------------	-----	-----

7.2 Расчет сметы затрат на выполнение проекта

В состав затрат на создание проекта включается величина всех расходов, необходимых для реализации комплекса работ, составляющих содержание данной разработки. Расчет сметной стоимости ее выполнения производится по следующим статьям затрат:

- материалы и покупные изделия;
- заработная плата;
- социальный налог;
- расходы на электроэнергию;
- амортизационные отчисления;
- командировочные расходы;
- оплата услуг связи;
- арендная плата за пользование имуществом;
- прочие услуги (сторонних организаций);
- прочие (накладные расходы) расходы.

В ходе выполнения проекта отсутствуют расходы на командировочные, услуги связи, услуги сторонних организаций и арендная плата за пользование имуществом. Таким образом основу расходов данного проекта составляют:

- материалы и покупные изделия;
- заработная плата;
- социальный налог;
- расходы на электроэнергию;
- амортизационные отчисления;
- прочие (накладные расходы) расходы.

7.2.1 Расчет затрат на материалы

К данной статье расходов относится стоимость материалов, покупных изделий, полуфабрикатов и других материальных ценностей, расходуемых непосредственно в процессе выполнения работ над объектом проектирования.

На первом этапе работ необходимо провести теоретические исследования. Для этого необходим ряд программных пакетов, таких как Microsoft Word, Excel, MathCAD, MATLAB и т.д. Большинство данных продуктов предоставляются ТПУ бесплатно для студентов и профессоров, а остальные находятся в свободном доступе на интернет ресурсах. Таким образом затраты на материальные расходы данного этапа исследований включают в себя расходы на бумагу, тетради и пр. На втором этапе проводится исследование. Для этого использовался персональный компьютер с программой MATLAB, которая была предоставлена бесплатно.

В материальные затраты также входят транспортно-заготовительные расходы (ТЗР), которые обуславливаются затратами на совершение купли-продажи материалов, их доставку. Обычно ТЗР составляют от 5% до 20% от общей цены материалов. Положим норму ТЗР равной 10%.

Таблица 7.5 – Расчет затрат на материалы

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Кол-во	Сумма
Затраты на этапе теоретических исследований			
Бумага для принтера, упак. 500 листов	257	1	514
Тетрадь общая, формат А4	89	2	178
Мультифоры, упак. 100 шт.	100	1	100
Скобы для степлера, упак. 100 шт.	47	1	47
Итого			839
Итого (с учетом ТЗР)			1020,8

7.2.2 Расчет заработной платы

Данная статья расходов включает в себя заработную плату студента и научного руководителя, а также премии, входящие в фонд заработной платы. Расчет заработной платы выполняется на основе трудоемкости выполнения каждого этапа и величины месячного оклада исполнителя. Оклад студента принимается равным окладу соответствующего специалиста низшей квалификации в организации, в которой выполняются подобные виды работ или же там, где студент проходил преддипломную практику.

Для расчета заработной платы исполнителя примем величину месячного оклада, равную окладу младшего научного сотрудника на половину ставки, т.е. $MO_C = 14874,45$ руб.; величина заработной платы руководителя – величина месячного оклада доцента, д.т.н. $MO_{НР} = 27484,86$.

Для дальнейшего расчета зарплаты необходимо вычислить среднедневную ставку с учетом среднего количества рабочих дней в месяце. В 2017 году 247 рабочих дней, следовательно, количество рабочих дней в месяце равно 20,6. Среднедневная тарифная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{дн} = MO/20,6$$

Для исполнителя эта величина составит примерно 361 рубль, а для научного руководителя 1334,22 рубля в день. Теперь произведем расчет основной заработной платы. Затем, учитывая премии, дополнительную заработную плату и районный коэффициент, можно рассчитать полную заработную плату по следующей формуле:

$$ЗП_{полн} = ЗП_{дн} * T_{РД} * K_{ПР} * K_{ДОП} * K_P$$

где $T_{РД}$ – трудоемкость проекта для сотрудника в рабочих днях; $K_{ПР} = 1,1$ – коэффициент премирования; $K_{доп} = 1,13$ – коэффициент дополнительной заработной платы для пятидневной рабочей недели; $K_P =$

1,3 – районный (северный) коэффициент.

Таблица 7.6 – Затраты на заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка, руб./день	Затраты времени, раб. дни	Коэффициент	Фонд з/платы, руб.
НР	27484,86	1334,22	15	1,62	32421,5
С	14874,45	361	155		90647,1
Итого					155490,6

7.2.3 Расчет затрат на электроэнергию

Данная статья учитывает затраты на электроэнергию, которая потребляется всем оборудованием в течение работы над проектом. Затраты на электроэнергию рассчитываются по формуле:

$$C_{эл.об.} = P_{об} \cdot t_{об} \cdot Ц_{Э},$$

где $P_{об}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт; $Ц_{Э}$ – тариф на 1 кВт·час ($Ц_{Э} = 5,782$ руб/кВт·ч); $t_{об}$ – время работы оборудования, час. Время работы оборудования определяется по формуле:

$$t_{об} = T_{РД} * K_t,$$

где $K_t \leq 1$ – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к $T_{РД}$, определяется исполнителем самостоятельно. В ряде случаев возможно определение $t_{об}$ путем прямого учета, особенно при ограниченном использовании соответствующего оборудования.

Для выполнения работ студентом использовался персональный компьютер и учебный стенд. Определим затраты на потребленную оборудованием электроэнергию и сведем результаты расчетов в таблицу 7.7.

Таблица 7.7 – Затраты на электроэнергию

Наименование оборудования	Мощность оборудования, кВт	K_t	Время работы оборудования, ч	Затраты на электроэнергию
Персональный компьютер	0,35	0,9	1125,8	2013,41
Принтер	0,25	0,001	0,7	2,76
Итого				2016,17

7.2.4 Расчет затрат на социальный налог

Затраты на единый социальный налог (ЕСН), который включает в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование, составляют 30% от полной заработной платы по проекту и рассчитывается по формуле $C_{соц} = C_{эл} * 0,3$. Для проведения исследования затраты на социальный налог составляют $C_{соц} = 155490,6 * 0,3 = 46647,18$ руб.

7.2.5 Расчет амортизационных расходов

Расчет амортизационных расходов производится по следующей формуле:

$$C_{ам} = \frac{N_A * Ц_{об} * t_{рф} * n}{F_D},$$

где N_A – годовая норма амортизации единицы оборудования; $Ц_{об}$ – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР, F_D – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования, берется из специальных справочников или фактического режима его использования в текущем календарном году, $t_{рф}$ – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, учитывается исполнителем проекта; n – число задействованных однотипных единиц оборудования.

Персональный компьютер и принтер входят в группу – вычислительная техника, следовательно, они имеют срок полезного использования 2-3 года.

Так как к сроку начала работ компьютер и принтер эксплуатировались более 5 и 10 лет соответственно, то срок их полезного использования истек, следовательно, амортизационные расходы на ПК и принтер оборудования равны нулю.

Паяльная станция была приобретена к началу выполнения работ и данный тип оборудования входит в пятую группу – специальное технологическое оборудование для производства электронной и радиотехники. Срок полезного использования таковой составляет от 7 до 10 лет. Зададим конкретное значение C_A , равное 8 годам.

Таким образом, амортизационные расходы на использование оборудования составят:

$$C_{AM} = \frac{N_A * C_{OB} * t_{pф} * n}{F_D} = 0,00 \text{ руб.}$$

7.2.6 Расчет прочих (накладных) расходов

В статье «Прочие расходы» отражены расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях. Их следует принять равными 10% от суммы всех предыдущих расходов, т.е.

$$C_{\text{проч.}} = (C_{\text{мат}} + C_{\text{зп}} + C_{\text{соц}} + C_{\text{эл.об.}} + C_{\text{ам}}) \cdot 0,1 = (1020,8 + 155490,6 + 2016,17 + 46647,18 + 0) \cdot 0,1 = 205174,75 \cdot 0,1 = \mathbf{20517,48 \text{ руб.}}$$

7.2.7 Расчет общей себестоимости разработки

Рассчитав сумму всех расходов на выполнение запланированных работ, произведем расчет общей себестоимости проекта. Результаты расчетов представлены в таблице 7.8.

Таблица 7.8 – Расчет общей себестоимости проекта

Статья затрат	Обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	C_{mat}	1020,8
Заработная плата	$C_{зн}$	155490,6
Отчисления в социальные фонды	$C_{соц}$	46647,18
Расходы на электроэнергию	$C_{эл.}$	2016,17
Амортизационные отчисления	$C_{ам}$	0,00
Прочие расходы	$C_{проч}$	20517,48
ИТОГО:		225692,23

Таким образом, затраты на разработку составили $C = 225692,23$ руб.

7.2.8 Расчет прибыли, НДС и цены разработки НИР

Так как информация для применения сложных методов расчетов прибыли отсутствует, то прибыль может варьироваться в пределах от 5% до 20% от себестоимости продукта. Заложим в проект прибыль, равную 12% от себестоимости. Тогда:

$$P = 0,12 * C = \mathbf{27083,07} \text{ руб.}$$

Рассчитаем НДС как 18% от суммы затрат на разработку и заложенной прибыли, т.е.:

$$НДС = (P + C) * 0,18 = \mathbf{45499,55} \text{ руб.}$$

Цена разработки НИР – это сумма трех составляющих: полной себестоимости проекта, прибыли и НДС, т.е.:

$$C_{НИР} = 225692,23 + 27083,07 + 45499,55 = \mathbf{298274,85} \text{ руб.}$$

7.2.9 Оценка экономической эффективности проекта

Результатом проведения НИР является изучение и анализ способов резервирования электроэнергии, типовых систем электроснабжения АСУ ТП промышленных объектов и систем автоматического ввода резерва. На основе данной ВКР можно делать выводы о наилучших систем электроснабжения АСУ ТП промышленных объектов, что позволит как более экономично строить подобные схемы, так иметь высокую надёжность в резервировании питания.

Помимо этого, рекомендуемая система электроснабжения АСУ ТП промышленных объектов позволит сократить обслуживающий персонал, повысит безопасность технологического процесса за счет высоконадежных средств сигнализации, блокировок и защит с минимальным периодом реагирования, улучшить условия труда за счет централизации рабочих мест и удобного представления информации.

Для получения количественной оценки экономической эффективности разработанного проекта необходимо проведение специального комплексного исследования, которое выходит за рамки представленной работы.

Результатом данной работы является проект, не предназначенный для продажи и коммерциализации.

7.2.10 Оценка научно-технического уровня НИР

В данном разделе произведем оценку научно-технического уровня разработки при помощи вычисления интегрального индекса научно-технического уровня $I_{НТУ}$. Расчет данного индекса производится как взвешенная сумма количественных оценок НИР по трем признакам: уровень новизны, теоретический уровень и возможность реализации.

Таблица 7.9 – Критерии оценки уровня новизны НИР

Уровень новизны	Характеристика уровня новизны – n_1	Баллы
Принципиально новая	Новое направление в науке и технике, новые факты и закономерности, новая теория, вещество, способ	8 – 10
Новая	По-новому объясняются те же факты, закономерности, новые понятия дополняют ранее полученные результаты	5 – 7
Относительно новая	Систематизируются, обобщаются имеющиеся сведения, новые связи между известными факторами	2 – 4
Не обладает новизной	Результат, который ранее был известен	0

Таблица 7.10 – Критерии оценки теоретического уровня НИР

Теоретический уровень полученных результатов – n_2	Баллы
Установка закона, разработка новой теории	10
Глубокая разработка проблемы, многоспектральный анализ взаимодействия между факторами с наличием объяснений	8
Разработка способа (алгоритм, программа и т. д.)	6
Элементарный анализ связей между фактами (наличие гипотезы, объяснения версии, практических рекомендаций)	2
Описание отдельных элементарных факторов, изложение наблюдений, опыта, результатов измерений	0,5

Таблица 7.11 – Критерии оценки возможности реализации НИР по времени

Время реализации – n_3	Баллы
В течение первых лет	10
От 5 до 10 лет	4
Свыше 10 лет	2

Разрабатываемая система по оценке таблицы 7.9 имеет уровень новизны равный 4, т.к. подобные системы существуют, однако в данной установке не применялись, поэтому необходимо было разработать подходящий алгоритм управления.

Критерии оценки теоретического уровня НИР однозначно равен 6, т.к. результатом данной работы является алгоритм работы контроллера, организующего работу установки.

Критерий оценки возможности реализации НИР по времени равен 10, т.к. реализация разработки имеет ограниченный срок 2 года.

Таким образом, произведем расчет интегрального индекса НТУ НИР:

$$I_{НТУ} = \sum_{i=1}^3 k_i \cdot n_i = 0,4 \cdot 4 + 0,1 \cdot 6 + 0,5 \cdot 10 = 7,2$$

Так как индекс НТУ равен 7,2 балла, то это означает, что НТУ соответствует высокому уровню проведенной НИР.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения выпускной квалификационной работы на тему «Системы электроснабжения повышенной надёжности для АСУ ТП» рассмотрены следующие вопросы:

- проведён анализ способов резервирования электроэнергии;
- изучены типовые система электроснабжения АСУ ТП промышленных объектов;
- проведён анализ систем автоматического ввода резерва;
- проведено исследование системы резервного электроснабжения для частного объекта;
- проведён подбор технических средств, необходимых для обеспечения резервного электроснабжения всех устройств и систем, требующих бесперебойного питания

Исследование и анализ типовых систем электроснабжения АСУ ТП промышленных объектов показывает, что степень резервирования зависит от важности объекта и важности конкретных решаемых задач.

Повышение качества электроснабжения практически всегда достигается за счет повышения избыточности, в данном случае источников электроэнергии. Однако повышение избыточности не должно быть самоцелью. Хорошим примером, в данном случае, являются варианты систем, рассмотренные в главе 2.

В системах электропитания, построенных по варианту 1, ИБП расположен после АВР, что обеспечивает потребителям 220В безударное переключение в случае аварийного и планового перехода с одного источника электроэнергии на другой.

В варианте 2 резервируются оба ввода (степень избыточности выше), которые затем объединяются через АВР. Аналогичное переключение будет сопровождаться кратковременным исчезновением

напряжения для потребителей 220/380 В, длительности которого будет определяться быстродействием коммутирующих элементов.

Следует отметить, что вариант 2 является примером лучших практик построения систем электропитания предприятий ЗАО «СИБУР Холдинг».

CONCLUSION

Considered research, dedicated to “Robust power supply systems for industrial control systems”, has following results:

- existing approaches to power supply reservation were analyzed;
- common power supply systems for industrial control systems were studied;
- automatic failover switching systems were analyzed;
- power supply reservation system for a private house was examined;
- Power supply reservation equipment, capable to provide uninterruptible power supply for all types of systems and devices, was chosen.

Analysis of common power supply systems for industrial control systems shows, that complexity of power supply reservation depends on an importance of an industrial object itself and its dedication.

Power supply quality is commonly improved with the help of excessive use of power sources. However, raising a number of power sources is extensive. Examples of well-developed systems are given in the second chapter.

In the first variant of power supply system construction, an uninterruptible power supply unit is placed after automatic failover switch. This provides a 220V consumers a smooth transfer from one power source to another in case of emergency.

In the second variant both inputs are reserved and the merged with the help of automatic failover switch. In case of emergency, power sources switching will be performed with a delay, which length is determined by operating speed of commutation equipment.

It is important to notice, that developing power supply systems of the second variant is one of the best practices at CJSC “SIBUR Holding”.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Правила устройства электроустановок: Все действующие разделы ПУЭ-6 и ПУЭ-7, 3-й выпуск. - Новосибирск: Сиб. Унив. Изд-во, 2006. - 854 с, ил.
2. Электромагнитные устройства автоматики: Учебник для ВУЗов. - М: Высш. Школа, 1983. - 408 с., ил.
3. Автоматический ввод резерва [Электронный ресурс]/URL: <http://topeng.ru>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. (дата обращения: 14.04.2017).
4. Правила устройства электроустановок (ПУЭ) [Электронный ресурс]/URL: <http://fb.ru>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. (дата обращения: 14.04.2017).
5. ИБП [Электронный ресурс]/URL: <http://www.wikipedia.org>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ. (дата обращения: 10.04.2017).
6. Источники бесперебойного питания без секретов, Лопухин А.А. Дис.:Москва, 2004. – 223 с.
7. Библия электрика: ПУЭ, МПОТ, ПТЭ, Безгодова Т. – М. : Эскимо, 2012. – 752 с.
8. Автоматическое включение резерва, Левченко М.Т., Хомяков М.Н. – Москва. Изд-во Энергия. 1971. – 80 с.
9. Автоматический ввод резерва, Джесси Рассел. Изд-во VSD. 2013 . – 100 с.
10. В.Ю. Конотопский. Финансовый менеджмент и ресурсоэффективности: учебно-методическое пособие. – Томск, изд-во ТПУ, 2013. – 54 с.
11. А.С. Булатова. Экономика: учебник для экономических академий, вузов и факультетов. – М.: Издательство БЕК, 1995. – 692 с.

12. И.Г. Видяев. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова. – Томск, изд-во ТПУ, 2014. – 36 с.
13. СанПиН 2.2.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений РФ. М.: 1996. – 55 с.
14. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03 Гигиенические требования к естественному искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий РФ. М.: 2003. – 26 с.
15. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным ЭВМ и организации работы. М: 2003. – 55 с.
16. ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования . М.: 1979. – 9 с.