

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа энергетики
 Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
 Отделение школы (НОЦ) НОЦ И.Н. Бутакова

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Автоматизированная система регулирования частоты вращения ротора турбины типа К-200-130-3 ЛМЗ Гусиноозерской ГРЭС

УДК: 681.51:621.311.22:621.165-251-045.75

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б8В	Полищук Александр Александрович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент АТП	Озерова Ирина Петровна	к.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Кашук Ирина Вадимовна	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Мезенцева Ирина Леонидовна	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель профиля ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент НОЦ И.Н. Бутакова	Атрошенко Юлиана Константиновна	к.т.н.		

Направление: 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

Образовательная программа: Инженерия теплоэнергетики и теплотехники

Специализация: Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике и теплотехнике

Код компетенции СУОС	Наименование компетенции СУОС
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
УК(У)-9	Способен проявлять предприимчивость в практической деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен осуществлять поиск, обработку и анализ информации из различных источников и представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий
ОПК(У)-2	Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования в теоретических и экспериментальных исследованиях при решении профессиональных задач
ОПК(У)-3	Способен вести инженерную деятельность, разрабатывать, оформлять и использовать техническую проектную и эксплуатационную документацию в соответствии с требованиями действующих нормативных документов
ОПК(У)-4	Способен учитывать свойства конструкционных материалов в теплотехнических расчетах с учетом динамических и тепловых нагрузок
ОПК(У)-5	Способен проводить измерения электрических и неэлектрических величин на объектах теплоэнергетики и теплотехники, использовать электронные приборы и устройства в производственной деятельности, осуществлять метрологическое обеспечение
Профессиональные компетенции	

Код компетенции СУОС	Наименование компетенции СУОС
ПК(У)-1	Способен применять знания теоретических основ теплотехники и гидрогазодинамики при решении научных и практических профессиональных задач
ПК(У)-2	Способен анализировать эффективность современных технологий преобразования энергии в энергетических установках
ПК(У)-3	Способен разрабатывать природоохранные, энерго- и ресурсосберегающие мероприятия на ТЭС
ПК(У)-4	Способен применять знания назначения и принципов действия средств измерений, автоматизации, технологических защит и блокировок в процессе проектирования и эксплуатации АСУ ТП
ПК(У)-5	Способен проектировать объекты теплоэнергетики и тепломеханическое оборудование тепловых электростанций
ПК(У)-6	Способен участвовать в управлении процессом эксплуатации оборудования и трубопроводов ТЭС, контролировать параметры технологических процессов и показатели качества рабочего тела
ПК(У)-7	Способен выполнять предпроектное обследование объекта автоматизации, разрабатывать проектную и конструкторскую документацию АСУ ТП
ПК(У)-8	Способен применять методы специальных расчетов и моделирования при построении АСУ ТП и АСУП

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа энергетики
 Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
 Отделение школы (НОЦ) НОЦ И.Н. Бутакова

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
Ю.К. Атрошенко
 (Подпись) (Дата)

ЗАДАНИЕ **на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
5Б8В	Полищук Александр Александрович

Тема работы:

Автоматизированная система регулирования частоты вращения ротора турбины типа К-200-130-3 ЛМЗ Гусиноозерской ГРЭС
Утверждена приказом директора № 35-15/с от 04.02.2022 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2022
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объектом автоматизации в работе является паровая турбина типа К-200-130-3 ЛМЗ. Параметры работы турбины: – Номинальная нагрузка 670 т/ч; – Давление свежего пара 12,7 МПа; – Температура свежего пара 540 °С; При разработке автоматизированной системы предусмотреть использование современных микропроцессорных технических средств автоматизации для реализации функций автоматического контроля параметров.
--------------------------	--

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Введение 1. Анализ объекта автоматизации; 2. Разработка проектной документации; 2.1. Выбор и обоснование структуры АСР; 2.2. Разработка функциональной схемы АСР; 2.3. Выбор технических средств автоматизации и составление спецификации; 2.4. Разработка принципиальной электрической схемы АСР; 2.5. Разработка монтажной схемы АСР; 2.6. Разработка общего вида щита управления; 3. Расчет параметров настройки регулятора; 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; 5. Социальная ответственность; Заключение.
Перечень графического материала	1. Схема структурная; 2. Схема функциональная; 3. Схема принципиальная электрическая; 4. Схема монтажная; 5. Общий вид щита управления.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент ОСГН ШБИП, к.э.н., Кашук Ирина Вадимовна
Социальная ответственность	Старший преподаватель ООД ШБИП Мезенцева Ирина Леонидовна

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	15.02.2022
--	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент АТП	Озерова Ирина Петровна	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б8В	Полищук Александр Александрович		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 93 с., 11 рис., 30 табл., 26 источников, 11 листов графического материала.

Ключевые слова: автоматизированная система регулирования, частота вращения, турбина, расход пара, датчик частоты.

Объектом исследования является паровая турбина типа К-200-130-3 ЛМЗ Гусиноозерской ГРЭС

Цель работы – разработка автоматизированная система регулирования частоты вращения ротора турбины типа К-200-130-3 ЛМЗ Гусиноозерской ГРЭС

Выполнены анализ и выбор структурной схемы АСР частоты вращения ротора турбины, и технических средств автоматизации. Разработаны функциональная схема АСР, принципиальная электрическая схема шкафа автоматизации, монтажная схема, общий вид шкафа автоматизации. Произведены расчет и выбор регулирующего органа, выбор проводов, кабелей и труб электрических и трубных проводок, а также расчет оптимальных параметров настройки регулятора.

Также был проведен анализ финансово-экономических аспектов разработки и внедрения автоматической системы регулирования частоты вращения ротора турбины. Была составлена смета затрат на проект, проведено планирование работ и оценены сроки их выполнения, что позволило провести оценку экономической эффективности проекта.

Помимо этого, были проанализированы возможности возникновения негативных воздействий на человека и окружающую среду в процессе разработки и эксплуатации автоматической системы регулирования частоты вращения ротора турбины.

Оглавление

Введение.....	10
1 Анализ объекта автоматизации	11
2 Выбор структуры автоматической системы регулирования.....	20
3 Разработка функциональной схемы.....	22
4 Выбор технических средств и составление спецификации	23
4.1 Выбор датчиков температуры.....	23
4.2 Выбор датчиков давления.....	24
4.3 Выбор датчиков расхода.....	25
4.4 Выбор датчика частоты.....	26
4.5 Выбор пускового устройства.....	27
4.6 Выбор исполнительного механизма.....	27
4.7 Программируемый логический контроллер.....	28
5 Разработка монтажной схемы АСР	35
6 Разработка принципиальной электрической схемы щита автоматизации...	36
7 Разработка общего вида щита управления	38
8 Расчет параметров регулятора	40
8.1 Расчет и построение границы заданного запаса устойчивости АСР с ПИ-регулятором и объектом с передаточной функцией.....	43
8.2 Определение оптимальных параметров настройки ПИ-регулятора.....	48
8.3 Расчёт, построение и оценка качества переходных процессов в замкнутой АСР при возмущении f , идущем по каналу регулирующего воздействия .	49
Переходный процесс в замкнутой АСР по каналу задающего воздействия.....	49
8.4 Оценка качества регулирования.....	53
9.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	55

9.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	55
9.1.2 Анализ конкурентных технических решений.....	56
9.1.3 SWOT-анализ.....	59
9.2 Планирование научно-исследовательских работ.....	61
9.2.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	61
9.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ.....	62
9.2.3 Разработка графика проведения научного исследования.....	66
9.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	67
9.3.1 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ.....	67
9.3.2 Основная заработная плата исполнителей проекта.....	67
9.3.3 Дополнительная заработная плата исполнителей темы	70
9.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	71
9.3.5 Услуги сторонних организаций.....	71
9.3.6 Накладные расходы	72
9.3.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	72
9.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	73
9.4.1 Интегральный показатель ресурсоэффективности.....	73
10. Социальная ответственность	78
10.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	79
10.2 Производственная безопасность при эксплуатации.....	81
10.3 Экологическая безопасность.....	85
10.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	86
Вывод по разделу	87
Заключение	89
Список использованных источников	90
Графический материал:	На отдельных листах
ФЮРА.421000.007 С1 Схема структурная АСР частоты вращения ротора турбины	

ФЮРА.421000.007 С2 Схема функциональная АСР частоты вращения ротора турбины

ФЮРА.421000.007 СО1 Заказная спецификация приборов и средств автоматизации

ФЮРА.421000.007 Э4 Монтажная схема соединений внешних проводок

ФЮРА.421000.007 Э3 Схема принципиальная электрическая шкафа автоматизации

ФЮРА.421000.007 ПЭ3 Перечень элементов

ФЮРА.421000.007 ВО Общий вид шкафа автоматизации

Введение

Целью данной работы является разработка автоматизированной системы регулирования частоты вращения ротора турбины типа К-200-130-3 ЛМЗ Гусиноозерской ГРЭС. Автоматизированная система регулирования частоты вращения ротора турбины предназначена для поддержания значения технологического параметра в установленном допустимом диапазоне – не ниже нижней уставки и не выше верхней. АСР частоты вращения ротора представляет собой неотъемлемую часть энергетического комплекса, хотя и является, по сути, типовым проектным решением.

Для разработки АСР частоты вращения ротора турбины необходимо разработать функциональную схему АСР, принципиальную электрическую схему шкафа автоматизации, монтажную схему, общий вид шкафа автоматизации, произвести расчет и выбор регулирующего органа, проводов, кабелей и труб электрических и трубных проводок и также расчет оптимальных параметров настройки регулятора.

Кроме того, требуется провести анализ финансово-экономической целесообразности разработки и внедрения системы и возможности возникновения негативных воздействий на человека и окружающую среду.

Также необходимо разработать программные алгоритмы, реализующие возможность диспетчеризации и дистанционного управления технологическим процессом.

1 Анализ объекта автоматизации

Турбина паровая К-200-130-3 (200-130-3) представляет собой одновальный трехцилиндровый агрегат, предназначена для непосредственного привода генератора переменного тока.

Номинальная мощность турбины составляет 210 МВт. Турбина рассчитана для работы при следующих основных номинальных параметрах:

- абсолютное давление свежего пара перед автоматическим затвором цилиндра высокого давления (АЗВ) – 130 кгс/см^2 ;
- температура свежего пара перед автоматическим затвором цилиндра высокого давления – 540°C ;
- абсолютное давление пара на выходе из цилиндра высокого давления при номинальной мощности – $26,1 \text{ кгс/см}^2$ (зависит от сопротивления в тракте промежуточного перегрева);
- температура пара на выходе из цилиндра высокого давления при номинальной мощности – 327°C (зависит от давления пара за ЦВД);
- абсолютное давление пара после промежуточного перегрева перед автоматическим затвором цилиндра среднего давления при номинальном режиме работы турбины – $24,0 \text{ кгс/см}^2$;
- температура пара после промежуточного перегрева перед автоматическим затвором цилиндра среднего давления 540°C ;
- абсолютное давление в двух поверхностных двухходовых конденсаторах турбины $0,037 \text{ кгс/см}^2$ при расчетной температуре охлаждающей воды $+10^\circ\text{C}$ и количестве охлаждающей воды, проходящей через конденсаторы, $25000 \text{ м}^3/\text{ч}$;
- максимальный расход пара на турбину – 670 т/ч ;
- частота вращения ротора турбины – 3000 об/мин .

Максимальная мощность турбины - 215 МВт обеспечивается при номинальных параметрах пара, полностью включенной регенерации, чистой проточной части и температуре охлаждающей воды $+10^\circ\text{C}$.

При пуске турбины и сбросе нагрузки обеспечивается прием пара в конденсатор через БРОУ-140/6.

Допускается длительная работа турбины при одновременных отклонениях параметров (в любых сочетаниях) от номинальных в следующих пределах:

- а) по начальному абсолютному давлению $125 \div 135$ кгс/см²;
- б) по начальной температуре пара $530 \div 545$ °С;
- в) температура пара после промежуточного перегрева от 530 до 545 °С;
- г) разрешается длительная работа турбины с номинальной мощностью при температуре свежего пара 540 °С и пара после промежуточного перегрева 540 °С с предельными отклонениями от принятых значений параметров пара:

- по давлению свежего пара ± 5 кгс/см²;
- по температуре пара $+5^{\circ}\text{C} / -10^{\circ}\text{C}$.

Допускается кратковременная непрерывная работа турбины в течение не более 30 мин. При отклонениях параметров от номинальных в следующих пределах:

- начального абсолютного давления пара от 136 до 140 кгс/см²;
- начальной температуры от 546 до 550°C ;
- температуры пара после промежуточного перегрева от 546°C до 550°C [1].

При достижении этих значений в любых сочетаниях суммарная продолжительность работы турбины при этих параметрах не должна превышать 200 часов в год. Лопаточный аппарат турбины рассчитан на работу при частоте сети 50 Гц, что соответствует частоте вращения ротора турбогенератора 3000 об/мин. Допускается длительная работа турбины при отклонениях частоты в сети в пределах 49-50,5 Гц.

На рисунке 1 приведена схема паровой турбины.

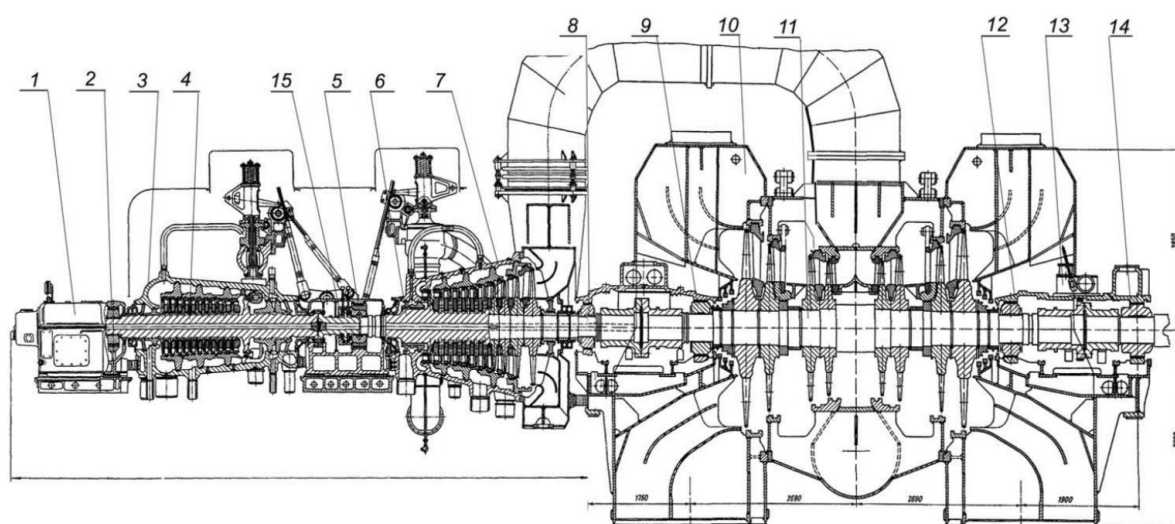


Рисунок 1 – Схема паровой турбины:

1 – передний подшипник; 2 – вкладыш опорный № 1; 3 – ЦВД; 4 – РВД; 5 – подшипник опорно-упорный № 2; 6 – РСД; 8 – вкладыш опорный № 3; 9 – вкладыш опорный № 4; 10 – ЦНД; 11 – РНД; 12 – вкладыш опорный № 5; 13 – ВПУ; 14 – вкладыш опорный № 6 (генератора); 15 – средний подшипник

Таблица 1 – Номинальные данные турбогенератора К – 200 – 130 – 3

Наименование	ТГ
Полная мощность, кВ·А	235300
Активная мощность, кВт	200000
Коэффициент мощности	0,85
Напряжение, В	15750
Напряжение возбуждения, В	420
Ток статора, А	8625
Ток ротора, А	1890
Частота, Гц	50
Скорость вращения, об/мин	3000
КПД, %	98,6
Номинальные данные относятся к работе при следующих условиях:	
а) температура охлажденного дистиллята на входе в обмотку статора	+40 °С
б) номинальный расход дистиллята в обмотке статора	43,2 м ³ /час
в) удельное сопротивление дистиллята обмотки статора	75 кОм*см при +40°С не ниже

Продолжение таблицы 1

Наименование	ТГ
г) номинальная температура охлаждающего водорода на входе в генератор после газоохладителей	+40 °С
д) номинальный расход воды через газоохладители.	400 м ³ /час
е) температура воды на входе в газоохладитель.	33 °С
ж) избыточное давление воды в газоохладителе	3,5 кгс/см ²
Дополнительные данные турбогенератора: а) Критические скорости ротора: - Первая - Вторая б) резонанс сердечника статора на пружинных подвесках при скорости вращения ротора в) давление дистиллята на входе в обмотку статора не более г) давление дистиллята на выходе из обмотки статора д) перепад давления дистиллята в обмотке статора не менее е) расход уплотняющего масла через два подшипника	1280 об/мин 3350 об/мин 2180 об/мин 2,5 кгс/см ² 1,0 кгс/см ² 1,5 кгс/см ² 12 м ³ /час
ж) давление уплотняющего масла (при давлении водорода 3кгс/см ²) з) перепад давления «масло-водород»	3,7- 3,8кгс/см ² 0,75±0,05 кгс/см ²
Технические данные рабочего и резервного возбуждения. а) данные тиристорного возбудителя (выпрямленные значения) - Номинальное напряжение возбудителя - Номинальный ток возбудителя - Напряжение при форсировке - Ток при форсировке	500В 2200А 1125В 2660А

Острый пар от котла по двум паропроводам подводится к двум отдельно стоящим паровым коробам, в которых расположены два клапана автоматического затвора высокого давления (АЗВ) диаметром 225 мм. От этих клапанов по четырем перепускным трубам пар поступает к четырем регулирующим клапанам, паровые коробки которых приварены к передней части цилиндра высокого давления (ЦВД).

Регулирующие клапаны подают острый пар к сопловым коробкам. Последовательность открытия регулирующих клапанов такова: первыми открываются клапаны, подводящие пар к верхним сопловым коробкам, а затем открываются регулирующие клапаны, подводящие пар к сопловым коробкам, расположенным в нижней половине цилиндра. В цилиндре высокого давления 12 ступеней, из которых первая ступень – регулирующая. Паровпуск в ЦВД расположен со стороны среднего подшипника, так что лопаточный аппарат ЦВД выполнен левого вращения. Ротор высокого давления цельнокованный.

После ЦВД пар направляется в промежуточный пароперегреватель котла, а затем по четырем ниткам через автоматические затворы и регулирующие клапаны среднего давления пар поступает в ЦСД. Паровые коробки с регулирующими клапанами ЦСД установлены в цилиндре. В цилиндре среднего давления 11 ступеней. Первые семь дисков ротора откованы заодно с валом, четыре последних диска – насадные. Роторы высокого давления и среднего давления соединены между собой жесткой муфтой и имеют общий подшипник.

Пар из ЦСД по двум перепускным трубам поступает в среднюю часть цилиндра низкого давления (ЦНД), в которой разветвляется на два потока. Каждый поток пара, пройдя соответствующую половину ЦНД, состоящую из четырех ступеней, направляется в свой конденсатор. Оба конденсатора присоединены к выхлопным патрубкам цилиндра при помощи сварки.

Все восемь дисков ротора низкого давления – насадные. Роторы среднего и низкого давления соединены между собой полугибкой муфтой. Все роторы турбины – гибкие. Роторы вращаются по часовой стрелке, если смотреть со стороны переднего подшипника турбины на генератор.

Фикс пункт турбины расположен на средней раме передней части ЦНД, так что расширение агрегата происходит в сторону переднего подшипника примерно до 32 мм и в сторону генератора до 3 мм.

Турбина снабжена валоповоротным устройством, вращающим турбину со скоростью 3,4 об/мин для обеспечения равномерного остывания при

останове. Для сокращения времени прогрева и улучшения условий пуска турбины предусмотрен паровой обогрев фланцев и шпилек, а также подвод острого пара на переднее уплотнение ЦВД и ЦСД.

В предпоследние камеры концевых уплотнений роторов подается пар при абсолютном давлении 1,03-1,05 кгс/см² и температуре 130-150°C из коллектора, давление в котором автоматически поддерживается постоянным при помощи электронного регулятора. Из крайних камер паровоздушная смесь отсасывается пароструйным эжектором ПС-50. Эжектор вакуумного охладителя ПС-50, коллектор подачи пара на уплотнения питаются паром из ДПВ. При эксплуатации ПС-50 необходимо следить за его уровнем по водоуказательному стеклу. Повышение уровня в корпусе ПС-50 может привести к забросу воды в проточную часть турбины через концевые уплотнения. При повышении уровня в ПС-50 необходимо:

1. Разгрузить ПС-50 путем открытия задвижки на линии помимо.
2. Перевести подачу пара на основной эжектор от общестанционного коллектора «13 ата», после чего необходимо понизить давление в ДПВ до 2 кгс/см², при этом следить за давлением пара на уплотнения ТГ.
3. Если данные действие не привели к нормализации уровня в корпусе ПС-50 следует подать неотложную заявку на останов энергоблока.

Регулятор частоты вращения выполняет функцию всережимного, неотключаемого регулятора угловой скорости вращения ротора турбогенератора. Регулятор частоты вращения является двухрежимным и, в зависимости от режима работы турбогенератора, реализует пропорциональный (под нагрузкой) или пропорционально-интегральный (на холостом ходу) закон регулирования скорости. Регулятор частоты вращения является базовым, отключение которого невозможно. Дополнительные регуляторы - положения РК, давления свежего пара, мощности являются его надстройками, и могут быть включены или отключены по командам машиниста или по действию защит ЭГСП [2].

Работа РЧВ на холостом ходу. На холостом ходу регулятор частоты вращения работает с минимально возможной нечувствительностью. Пропорционально-интегральный закон регулирования скорости предназначен для следующих режимов работы:

- разворот турбогенератора и выход на номинальную частоту вращения;
- синхронизация генератора с сетью;
- работа генератора на холостом ходу после отключения генератора от сети;
- проверка канала предварительной защиты;
- проверка РБ повышением скорости вращения.

Управление РЧВ на холостом ходу. Управление регулятором осуществляется путем установления задания регулятору частоты вращения, через задатчик регулятора частоты вращения. Управляющие воздействия от машиниста энергоблока передаются в ЭЧСР с использованием АРМ или ЛПУ ЭГСР (или АПУ) и воздействуют на задатчик регулятора частоты вращения. Задатчик частоты вращения обеспечивает выполнение следующих функций:

- формирование задания регулятору по командам машиниста;
- ограничение на холостом ходу задания регулятора частоты вращения величиной 3120 об/мин (настраиваемый параметр);
- переключение на холостом ходу задания регулятора частоты вращения величины 3365 об/мин (настраиваемый параметр) во время испытания противоразгонной защиты.

Структура задатчика частоты вращения предусматривает две возможности:

- ручной разворот, при котором конечное задание скорости устанавливает машинист вводом величины задания и темпа набора этого задания;
- ручной разворот, при котором конечное задание скорости устанавливает машинист вводом величины задания и время набора этого

задания. В задатчике частоты вращения предусматривается прием и обработка следующих команд:

- «Установить задание по об/мин» (путем ввода конечного задания машинистом);
- «Задание частоты вращения – ПРИБАВИТЬ»;
- «Задание частоты вращения – УБАВИТЬ».

По команде «Установить задание об/мин» проверяется, что стопорный клапан открыт и турбина находится не в сети, и значение конечного задания частоты вращения устанавливается равным задаваемому машинистом. Конечное задание формируется путем ввода машинистом задания регулятору частоты вращения (в об/мин). После чего, в задатчике формируется действующее задание скорости путем интегрирования текущего задания с заданным темпом, сформированное таким образом значение задания подается на сумматор регулятора частоты вращения. При достижении конечного задания частоты вращения разворот турбины приостанавливается до появления нового задания от машиниста или от пошаговой программы пуска.

Канал управления с АПУ может быть задействован на этапе пусковых операций посредством включения на АПУ переключателя «Режим управления с АПУ "ВКЛЮЧЕН"». При управлении от АПУ задатчик скорости работает под управлением машиниста подающего команды «РК ПРИБАВИТЬ» и «РК УБАВИТЬ». Набор оборотов выполняется с темпом, определяемым длительностью подачи команд, но не более 300 об/мин за 1 мин (настраиваемый параметр). Команды «РК ПРИБАВИТЬ» и «РК УБАВИТЬ» позволяют машинисту установить любое промежуточное значение конечного задания частоты вращения. При получении двух этих команд одновременно задание частоты вращения не меняется. Канал синхронизации скорости задействуется для синхронизации генератора с сетью на этапе пусковых операций посредством включения переключателя «Режим синхронизации "ВКЛЮЧЕН"». При синхронизации задатчик частоты вращения работает под управлением машиниста или синхронизатора, подающего команды

«ПРИБАВИТЬ» и «УБАВИТЬ». Набор оборотов выполняется с темпом, определяемым длительностью подачи команд, но не более 60 об/мин за 1 мин (настраиваемый параметр). Команды «ПРИБАВИТЬ» и «УБАВИТЬ» позволяют машинисту установить любое промежуточное значение конечного задания частоты вращения. При получении двух этих команд одновременно задание частоты вращения не меняется. В качестве сигнала обратной связи регулятору используется сигнал измерения частоты вращения ротора, определяемый как среднее по значению из показаний трех датчиков. В случае неисправности одного или двух датчиков частоты работа регулятора частоты вращения не прекращается. В случае неисправности трех датчиков частоты срабатывает защита «отказ измерения ЧВ», производится подмена значения текущей скорости вращения на 5000 об/мин, вследствие чего происходит автоматическое закрытие РК, а также срабатывает предварительная защита ЭГСР.

ЭГСР обеспечивает поддержку опробования регулятора безопасности (РБ) на холостом ходу путем повышения реальной частоты вращения. ЭГСР обеспечивает поддержку опробования предварительной защиты (собственной противоразгонной защиты) на стоящей турбине, холостом ходу и путем повышения реальной частоты вращения. При прохождении зон критических (собственных) частот валопровода темп изменения частоты вращения в задатчике частоты вращения (настраиваемый параметр) автоматически увеличивается и восстанавливается к ранее заданной величине после прохождения зон критических частот. Прохождение зон критических частот валопровода сопровождается соответствующей сигнализацией на АРМ и ЛПУ ЭГСР, при этом машинист самостоятельно контролирует конечное значение задатчика регулятора частоты вращения с целью недопущения работы в зонах критических частот.

Автоматическая коррекция задания скорости. В ряде случаев, после срабатывания защит и открытия СК, на холостом ходу требуется быстро изменить задание регулятору частоты. Автоматическая коррекция задания

частоты вращения формирует задание таким образом, чтобы в случае устранения причины срабатывания защиты и последующего открытия СК было произведен автоматический пересчет задатчика частоты вращения согласно текущей скорости вращения ротора. После того, как произошла автоматическая коррекция задания частоты вращения, РЧВ начинает следить за заданием частоты вращения и держать скорость вращения в соответствии с этим заданием. Задатчик частоты вращения после автоматической коррекции не может быть выше номинальной скорости вращения.

Работа РЧВ под нагрузкой. При включении генератора в сеть автоматически активируется пропорциональный закон регулирования частоты вращения. При включении генератора в сеть на регулятор частоты вращения поступает задание 3000 об/мин и дальнейшее управление задатчиком частоты вращения машинистом автоматически блокируется. Выходной сигнал пропорционального регулятора частоты вращения суммируется с выходным сигналом активного в данный момент времени вторичного регулятора (положения РК, давления свежего пара, мощности) и поступает на вход позиционера РК. В случае сброса нагрузки с отключением генератора от сети регулятор частоты вращения, обеспечивает поддержание номинальной частоты вращения (3000 об/мин) для работы турбогенератора на холостом ходу или на изолированную от сети нагрузку.

2 Выбор структуры автоматической системы регулирования

Существенное влияние на эффективность работы регулятора, стоимость системы регулирования, её надёжность и ремонтпригодность оказывает правильный выбор структуры управления объектом автоматизации. Система автоматического регулирования может состоять из одного или нескольких уровней управления (одноуровневые и многоуровневые системы). В рамках данной работы предполагается реализация многоуровневой системы

регулирования частоты вращения ротора, которая будет спроектирована по трехуровневому принципу (рис. 2).

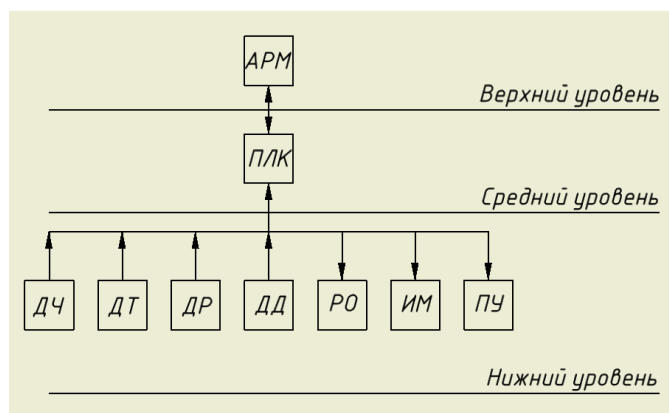


Рисунок 2 – Структурная схема АСР частоты вращения ротора турбины

АРМ – автоматизированное рабочее место оператора; ПЛК – программируемые логические контроллеры; ДЧ – датчик частоты; ДТ – датчик температуры; ДР – датчик расхода пара; ДД – датчик давления; РО – регулирующий орган; ИМ – исполнительный механизм; ПУ – пусковое устройство

Полевой уровень включает в себя исполнительные механизмы и органы местного управления, датчики технологических параметров и местные показывающие приборы, первичные средства измерения. На нижнем уровне выполняется контроль технологических параметров с заданной точностью и периодичностью; преобразование измеренных параметров в унифицированные электрические сигналы; контроль состояния исполнительных механизмов и сигнализаторов технологических параметров; интерфейс с аппаратурой управления исполнительными механизмами.

К среднему уровню относятся шкаф автоматизации, построенный на базе программируемых логических контроллеров (ПЛК), которые производят сбор информации, приходящей с датчиков технологических параметров и формирование команд на исполнительные механизмы, и содержащий вторичные средства измерения, выполняющие функции преобразования сигналов от датчиков нулевого уровня до контроллерного оборудования, а также искробезопасные барьеры и преобразователи.

На верхнем уровне выполняется концентрация и систематизация информации о технологическом процессе от контроллеров; составление отчетов и справок; внутренняя обработка и хранение информации, формирование базы данных; формирование и передача на полевой уровень управляющих воздействий по поддержанию установленных режимов работы; диагностики работы технологического оборудования, технических и программных средств системы управления.

Верхний уровень включает автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора – программно-техническое средство вычислительной техники, предназначенное для накопления, хранения, обработки (обобщения) и представления диспетчеру важной информации и приема от него команд управления объектами. На мониторе АРМ информация представляется оперативному персоналу в следующих видах [3]:

- 1) технологические схемы с указанием текущих значений измеряемых параметров;
- 2) текущее состояние технологического оборудования и исполнительных механизмов;
- 3) предупредительная и аварийная сигнализация;
- 4) архив аварийных сообщений.

Структура системы регулирования АСР частоты вращения ротора турбины представлена на чертеже ФЮРА.421000.007 С1.

3 Разработка функциональной схемы

На функциональных схемах условно изображают приборы и средства автоматизации, органы управления, трубопроводы и технологическое оборудование, обозначают взаимодействие элементов автоматики и технологического оборудования, а также связи между элементами автоматизации [3].

Функциональная схема АСР частоты вращения ротора турбины, представлена на листе ФЮРА.421000.007 С2.

В данном проектном документе в верхней части листа изображается технологическая схема, позволяющая показать местоположение точек контроля, первичных преобразователей, а также нумерацию измерительных и управляющих каналов. В нижней части схемы располагаются шкаф автоматизации и АРМ оператора, изображенные в виде прямоугольников.

Первичные измерительные преобразователи, регулирующие органы и исполнительные механизмы изображаются на технологическом схеме в виде окружности. От них отходят линии связи с номером измерительного или управляющего канала.

Далее линии связи ведутся к шкафу автоматизации, в котором расположен контроллер. От контроллера информация передается в текущем времени на верхний уровень, т.е. на автоматизированное рабочее место (АРМ) оперативного персонала, который управляет технологическим процессом.

Пар поступает на регулирующий орган, затем идёт измерение температуры и измерение давления а так же определение расхода пара, затем пар поступает на турбогенератор где происходит регулирования частоты вращения ротора.

4 Выбор технических средств и составление спецификации

4.1 Выбор датчиков температуры

Для контроля температуры свежего пара перед автоматическим затвором цилиндра высокого давления в турбине – 540 °С и температура пара на выходе из цилиндра высокого давления турбины – 327 °С. Рассмотрим модели наиболее производительных датчиков температуры. Характеристики датчиков температуры приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Технические характеристики измерителей температуры

Характеристики	ТХАУ Метран 271-01	ТХА Метран 201-01
Выходной сигнал	4...20 мА	4...20 мА
Возможные НСХ	К	К
Диапазон измеряемых температур, °С	от -40 до +600	от -40 до +800 от -40 до + 1000
Степень защиты	IP65	IP65
Интервал между поверками	не менее 6 лет	не менее 3 лет

Для измерения температуры жидких сред выберем датчик температуры Метран 271 – 01 с НСХ типа К (для свежего пара), так как это датчик дешевле.

4.2 Выбор датчиков давления

Для работы системы необходимо измерение избыточного давления свежего пара перед автоматическим затвором цилиндра высокого давления в турбине. В соответствии с этим рассмотрим датчики различных производителей и сравним их технические характеристики, представленные в таблице 3.

Таблица 3 – Технические характеристики датчиков давления

Характеристики	ЭЛЕМЕР-АИР-30М	Метран-75
Измеряемые (вычислительные) параметры	Абсолютное давление/ избыточное	Абсолютное давление/ избыточное
Выходной сигнал	4...20 мА; 0...5 мА/HART, Foundation Fieldbus	4...20 мА/ HART
ВГД разности давлений/абсолютного давления, МПа	0,001/16	-/25
Степень защиты	IP65/IP67	IP66
Интервал между поверками	5 лет	3/5 лет

Для измерения абсолютного давления перед автоматическим затвором цилиндра высокого давления, выберем первичный преобразователь давления ЭЛЕМЕР – АИР – 30М, так как этот датчик имеет не только очень широкие диапазоны измерений, но и возможность перенастройки диапазонов с коэффициентом до 1:100. Это позволяет производить высокоточные измерения со значениями основной погрешности от 0,075%.

4.3 Выбор датчиков расхода

Для максимального расхода пара на турбину подберём расходомер. В соответствии с этим рассмотрим датчики расхода различных производителей и сравним их технические характеристики, приведенные в таблице 4.

Таблица 4 – Технические характеристики датчиков расхода

Характеристики	Метран-350	Rosemount 3051SMV
Диапазон измерений	до 25	До 25
Выходной сигнал	4...20 мА/HART, Foundation Fielbus, WirelessHART	4...20 мА/HART
Степень защиты	IP66/IP68	IP66

Для измерения расхода пара выберем электромагнитный расходомер Метран – 350, так как интегральная конструкция расходомера исключает потребность в импульсных линиях и дополнительных устройствах, сокращает количество потенциальных мест утечек среды, а низкие безвозвратные потери давления в трубопроводе сокращают затраты на электроэнергию.

4.4 Выбор датчика частоты

Для измерения частоты вращения ротора турбины подберем датчик частоты. В соответствии с этим рассмотрим различных производителей и сравним их технические характеристики, представленные в таблице 5.

Таблица 5 – Технические характеристики датчика частоты

Характеристики	DSF-1610.00 S1HV
Нечувствительность	± 10 мГц
Неравномерность	$4,5 \pm 0,5$ %
Мертвая полоса первичного регулирования	$\pm 20 \dots 500$ мГц
Диапазон действий	200...5000 об/мин
Диапазон задатчика	0...3150 об/мин
Диапазон действия задатчика при проверке противоразгонной защиты	0...3365 об/мин
Характеристики	ДЧВ-10-1
Диапазон измерения частоты вращения, об/мин	от 90 до 12000
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения частоты вращения, об/мин	$\pm(1+N \cdot 0,001)$, N – заданное значение частоты вращения
Зазор между чувствительным элементом датчика и объектом измерения, мм	от 0,7 до 1,0
Электрическое сопротивление изоляции в НКУ (при 100 В), МОм, не менее	20
Диапазон выходного напряжения, В	от 0,2 до 30
Температура рабочей среды, °С	от -60 до 250
Габаритные размеры, мм, не более:	
- диаметр	22
- длина	73
Масса, кг, не более	0,8

Для измерения частоты вращения ротора турбины выберем датчик DSF-1610.00 S1HV, так как этот датчик выполняет функцию всережимного,

неотключаемого регулятора угловой скорости вращения ротора турбоагрегата. И на данный момент используется на предприятии.

4.5 Выбор пускового устройства

Пускатели предназначены для бесконтактного управления электрическими исполнительными механизмами (МЭО), в приводе которых использованы трехфазные асинхронные (синхронные) электродвигатели и однофазные конденсаторные электродвигатели. В соответствии с этим рассмотрим различных производителей и сравним их технические характеристики, представленные в таблице 6

Таблица 6 – Технические характеристики датчика частоты

Характеристики	БПР-3	БПР-2М
Входные сигналы	24В	24В
Входное сопротивление пускателя	(750 ± 100) Ом	не менее 750 Ом
Потребляемая мощность	не более 5 Вт	не более 7 Вт
Электрическое питания	220/380В (50 Гц)	220 В (50 Гц)
Степень защиты	IP20	IP20
Средний срок службы прибора	10 лет	10 лет

Пускатель БПР-3 бесконтактный реверсивный отличается большим ресурсом циклов выключений и включений, что обеспечивает его долговечность и безотказность в процессе эксплуатации. Используются для работы с МЭО, которые оснащены трехфазным синхронным двигателем.

4.6 Выбор исполнительного механизма

Однооборотные (или неполноповоротные) электроприводы МЭО, МЭОФ предназначены для приведения в действие запорно-регулирующей

арматуры в системах автоматического регулирования технологическими процессами, в соответствии с командными сигналами регулирующих и управляющих устройств.

МЭО(Ф)-630-E2-08K однооборотный электропривод с интеллектуальным блоком КИМ2, крутящий момент которого равен 630 Н·м. Имеет уровень пылевлагозащиты IP65.

Напряжение питания (частота): 380 В (50 Гц).

Присоединительные размеры: по ГОСТ Р 55510-2013 или по заказу.

Маркировка взрывозащиты: 1Ex d IIC T4 Gb или 1Ex d IIB T4 Gb.

ПХТ4 – код подгруппы взрывозащищенного оборудования ПСТ или ПВТ температурного класса Т4. Основные технические характеристики приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Технические характеристики исполнительного механизма

Характеристики	МЭО(Ф)-630-E2-08K
Ном. Крутящий момент, Нм	630
Макс. Момент включения, Нм	950
Ном. Время полного хода, с	10; 25; 63; 160
Ном. Полный ход, с	0,25; 0,63
Ном. Потреб. Мощность, Вт	230; 330; 460
Масса, кг	83

4.7 Программируемый логический контроллер

Согласно ГОСТ Р 58604-2019 к контроллерам, используемым на тепловых электрических станциях предъявляются следующие требования [4]:

– при реализации АСУТП должны использоваться контроллеры, позволяющие реализовать в реальном времени предусмотренные алгоритмы контроля и управления технологическим процессом;

- контроллеры должны оперативно и без потерь обрабатывать внутренние и внешние события и обмениваться информацией и командами с другими элементами системы;

- в состав контроллера должно входить энергозависимое запоминающее устройство, позволяющее использовать его при загрузке и запуске операционной системы и пользовательских программ;

- программное обеспечение контроллеров, используемое при реализации функций АСУТП, должно соответствовать: общим требованиям по ГОСТ 24.104, требованиям к программному обеспечению автоматизированных систем и контроллеров по ГОСТ Р 8.654;

- должна обеспечиваться возможность резервирования контроллеров, используемых для выполнения функций, к которым предъявляются требования высокой надежности;

- контроллеры должны быть оснащены высокопроизводительными операционными системами.

Существует необходимость подключения 9 аналоговых входов и 3 дискретных входов, так же значительного количества аналоговых и дискретных выходов. За счет значительного количества подключённых сигналов, контроллер должен иметь высокую производительность для обеспечения непрерывной работы и регулирования системы.

На основании вышеприведенных требований выбираем программируемый контроллер фирмы Siemens SIMATIC S7 300.

Контроллер фирмы Siemens SIMATIC S7 300 - предназначен для построения систем автоматизации низкой и средней степени сложности. Имеет модульную конструкцию, что позволит расширить диапазон входных и выходных сигналов, широкие коммуникационные возможности, многообразие функций, удобство эксплуатации и обслуживания [5].

1) Модуль центрального процессора CPU 317-2 DP

Центральный процессор предназначен для выполнения программ большого объема и решения относительно сложных задач автоматического

управления в различных секторах промышленного производства. У процессора высокая производительность, скоростное выполнение логических инструкций, а также арифметических операций с плавающей запятой. Встроенные интерфейсы MPI/ PROFIBUS DP и PROFIBUS DP. Программирование с использованием стандартных инструментальных средств, а также инструментальных средств проектирования. Имеет возможность для подключения до 32 встроенных модулей [6]. Технические данные модуля центрального процессора CPU 317-2 DP приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Технические данные модуля центрального процессора CPU 317-2 DP

Питание	
Номинальное значение напряжения питания	24 В
Номинальный потребляемый ток	870 мА
Память	
Встроенная память для выполнения программы и хранения данных	512 Кбайт
Емкость энергозависимой памяти для сохранения блоков данных	256 Кбайт
Сохранение данных при перебоях в питании	Есть
Сохранение информации в ММС	До 10 лет
Время выполнения	
Типовое время выполнения логических операций со словами	0,05 мкс
Типовое время выполнения логических операций с фиксированной/плавающей точкой	0,2 мкс
Функции времени	
Часы реального времени	Есть
Встроенные интерфейсы MPI	
Типа интерфейса	RS 485
Гальваническое разделение внешних и внутренних цепей	Есть
Питание интерфейса, не более	200 мА, 15...30 В
Встроенные интерфейсы PROFIBUS DP	

Продолжение таблицы 8

Питание	
Тип интерфейса	RS 485
Гальваническое разделение внешних и внутренних цепей	Есть
Габариты и масса	
Габариты (ШхВхГ) в мм	40х125х130
Масса	360 г.

2) Модуль питания PS 307

Блок питания контроллеров SIPLUS S7-300 с входным напряжением постоянного тока. Монтируется на стандартную профильную шину S7-300/ET 200M. В комплекте с силовой перемычкой для подключения питания к центральному процессору/интерфейсному модулю. Имеет расширенный диапазон рабочих температур, работа в условиях появления конденсата и временного обледенения печатных плат, а также в средах с содержанием хлора и серы [6]. Технические данные приведены таблице 9.

Таблица 9 – Технические данные модуля питания PS 307

Размеры и вес	
Размеры ШхВхГ	80х125х120 мм
Вес	570 г
Входные данные	
Номинальное значение входного напряжения	120/230 В
Частота сети для номинального значения	50 Гц или 60 Гц
Выходные данные	
Номинальное значение выходного напряжения	24 В
Допустимый диапазон	24 В $\pm$ 5%
Номинальное значение выходного тока	2 А

3) Модуль ввода аналоговых сигналов SM 331-7HF01-0AB0

Модуль ввода аналоговых сигналов SM 331 предназначен для подключения к контроллеру аналоговых датчиков, выполнения аналогово-

цифрового преобразования входных аналоговых сигналов и формирования цифровых величин, используемых центральным процессором в ходе выполнения программы. К входам модулей могут подключаться датчики с унифицированными входными электрическими сигналами напряжения или силы тока, термопары, термометры сопротивления и т.д. [6]. Технические данные приведены в таблице 10.

Таблица 10 – Технические данные модуля ввода аналоговых сигналов SM 331-7HF01-0AB0

Конструктивные особенности	
Габариты (ШхВхГ)	40х125х117 мм
Масса	0,23 кг
Подключение внешних цепей через	40-полюсный фронтальный соединитель
Характеристика модуля	
Общее количество входов	8
Количество изолированных групп х количество каналов в группе	4х2
Напряжение, токи, потенциалы	
Напряжение питания входной электроники модулям	24 В
Выходной ток одного канала для цепи питания датчиков	30 мА
Гальваническое разделение между каналами и внутренней шиной контроллера	Есть
Гальваническое разделение между каналами и цепью питания электроники модуля	Есть
Данные для выбора датчиков	
Параметры входных сигналов для датчиков напряжения	± 1 В/ 1МОм; ± 5 В/ 100 кОм; ± 10 В/ 100 кОм; 1...5 В/ 100 кОм
Параметры входных сигналов для датчиков силы тока	± 20 мА/ 50 Ом; 0...20 мА/ 50 Ом; 4...20 мА/ 50 Ом
Условия эксплуатации	
Диапазон температур при горизонтальной установке	0...+60°C

Продолжение таблицы 10

Конструктивные особенности	
Диапазон температур при вертикальной установке	0...+40°C

4) Модуль вывода аналоговых сигналов SM 332-5HF00-0AB0

Модуль вывода аналоговых сигналов предназначен для цифро-аналогового преобразования внутренних цифровых величин контроллера и формирования его выходных аналоговых сигналов. К выходам могут подключаться исполнительные устройства, управляемые унифицированными сигналами силы тока или напряжения [6]. Технические данные представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Технические данные модуля вывода аналоговых сигналов SM 332-5HF00-0AB0

Конструктивные особенности	
Габариты (ШхВхГ)	40x125x117 мм
Масса	0,272 кг
Подключение внешних цепей через	40-полюсный фронтальный соединитель
Характеристика модуля	
Общее количество выходов	8
Количество изолированных групп x количество каналов в группе	1x8
Напряжение, токи, потенциалы	
Напряжение питания нагрузки	24 В
Гальваническое разделение между каналами и внутренней шиной контроллера	Есть
Гальваническое разделение между каналами и цепью питания электроники модуля	Есть
Данные для выбора исполнительных устройств	
Диапазоны изменения выходных сигналов для каналов напряжения	1...5 В; 0...10 В;
Диапазоны изменения выходных сигналов для каналов силы тока	0...20 мА; 4...20 мА
Условия эксплуатации	

Продолжение таблицы 11

Конструктивные особенности	
Диапазон температур при горизонтальной установке	0...+60°C
Диапазон температур при вертикальной установке	0...+40°C

5) Модуль ввода-вывода дискретных сигналов SM 323-1BL00-0AA0.

Модуль ввода-вывода дискретных сигналов предназначен для преобразования входных дискретных сигналов контроллера в его внутренние логические сигналы, а также преобразования внутренних логических сигналов контроллера в его выходные дискретные сигналы. К входам модулей могут подключаться контактные датчики или бесконтактные датчики, к выходам – 55 исполнительные устройства или их коммутационные аппараты [6]. Технические данные представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Технические данные модуля ввода-вывода дискретных сигналов SM 323-1BL00-0AA0.

Конструктивные особенности	
Габариты (ШхВхГ)	40x125x120 мм
Масса	0,26 кг
Подключение внешних цепей через	40-полюсный фронтальный соединитель
Дискретные входы и выходы	
Количество входов	16
Количество изолированных групп x количество каналов в группе	1x16
Количество выходов	16
Количество изолированных групп x количество каналов в группе	2x8
Напряжение, токи, потенциалы	
Номинальное значение напряжение внешних цепей	24 В
Гальваническое разделение между каналами и внутренней шиной контроллера	Есть
Гальваническое разделение между каналами и цепью питания электроники модуля	Есть

Продолжение таблицы 12

Конструктивные особенности	
Данные для выбора датчиков	
Номинальное входное напряжение	24 В
Данные для выбора исполнительных механизмов	
Выходное напряжение высокого уровня не менее	0,8 В
Номинальное значение выходного тока высокого уровня	0,5 А
Условия эксплуатации	
Диапазон температур при горизонтальной установке	0...+60°C
Диапазон температур при вертикальной установке	0...+40°C

Техническая документация, в которой находят отражения все необходимые сведения о технических средствах автоматизации и приборах для реализации автоматизированной системы регулирования.

Заказная спецификация приборов и средств автоматизации системы регулирования представлена на листе ФЮРА.421000.007 СО1.

5 Разработка монтажной схемы АСР

Монтажная схема АСР частоты вращения ротора турбины представлена на листах с шифром ФЮРА.421000.007 Э4.

В левой нижней части монтажной схемы расположен силовой щит, в нижней части расположен щит управления и его клеммные блоки ХТ0-ХТ7. В средней части показаны внешние соединения датчиков, исполнительных механизмов, частотных преобразователей и блоков управления симисторами и тиристорами со щитом управления. Для соединений применены изолированные провода. В цепях измерения, управления, питания применены провода и кабели с медными жилами. В маркировке кабеля указан тип кабеля, количество и сечение жил, длина кабеля. На монтажной схеме используются следующие типы кабелей:

1) КВВГ - контрольный кабель с изоляцией из ПВХ пластиката с оболочкой из поливинилхлоридного пластиката без защитного покрова, экранированный;

2) КВВГЭ – контрольный кабель с изоляцией из ПВХ пластика с оболочкой из поливинилхлоридного пластика без защитного покрова, экранированный.

Для соединения и разветвления кабелей используются соединительная коробка КСК-10 и КСК-6.

6 Разработка принципиальной электрической схемы щита автоматизации

Электрическая схема АСР частоты вращения ротора турбины приведена на листах с шифром ФЮРА.421000.007 ЭЗ. Перечень элементов электрической схемы представлен на листах с шифром ФЮРА.421000.007 ПЭЗ.

На листе 1 с шифром ФЮРА.421000.007 ЭЗ представлена электрическая схема подсистемы электрического питания и микроклимата щита у правления.

Подсистема электрического питания включает себя:

- автоматический выключатель (QF1), предназначен для защиты разделительных и групповых цепей;
- щитовая розетка (XS1), предназначенная для подключения электрического инструмента малой мощности во время профилактических и ремонтных работ;
- блоки зажимов (ХТ0...ХТ03), предназначены для соединения кабелей;
- устройство защиты от перенапряжений (Z01), предназначенное для защиты устройств от перенапряжений при протекании через сеть импульсов тока;

- модуль питания (G1), предназначенный для обеспечения устройств напряжением 24 В.

Подсистема электрического питания обеспечивает питание всех элементов щита управления и имеет защиту от перенапряжений.

Подсистема микроклимата включают в себя:

- концевой выключатель (SQ1), предназначенный для замыкания и размыкания рабочей цепи;
- осветительный прибор (EL1), предназначенный для освещения;
- реле контроля температуры (KK1), предназначенное для контроля температуры в шкафу управления;
- фильтрующий вентилятор (M1), предназначенный для нагнетания холодного воздуха.

Подсистема микроклимата щита управления поддерживает оптимальную температуру шкафа, является одной из основ обеспечения безаварийной работы.

На листе 2 с шифром ФЮРА.421000.007 ЭЗ представлена электрическая схема подсистемы аналоговых сигналов.

Подсистема ввода аналоговых сигналов включает в себя:

- модуль питания программируемого логического контроллера Siemens (A1);
- модуль центрального процессора Siemens (A2);
- модуль ввода аналоговых сигналов программируемого логического контроллера Siemens (A3);
- 20-полюсный фронтальные соединители (XP3), для сигнальных модулей клемм с винтовыми зажимами, предназначенный для подключения к контроллеру внешних входных и выходных цепей;
- преобразователи аналоговых сигналов (UY1...UY3), пассивные разъединители, предназначенные для разделения аналоговых сигналов;
- п-образные соединители (S1), предназначенный для подключения модулей к внутренней шине контроллера;

- блоки зажимов (ХТ1...ХТ4, ХР7).

На листе 2 с шифром ФЮРА.421000.007 ЭЗ представлена электрическая схема подсистемы ввода-вывода дискретных сигналов.

Подсистема ввода-вывода дискретных сигналов включает в себя:

- модуль ввода-вывода дискретных сигналов программируемого логического контроллера Siemens (А4);
- 40-полюсный фронтальный соединитель для сигнальных модулей клемм с винтовыми зажимами, предназначенный для подключения к контроллеру внешних входных и выходных цепей (ХР4);
- релейный модуль (К1...К2), предназначенный для повышения нагрузочной способности управляющих выходов слаботочного, низковольтного оборудования посредством релейных «сухих» контактов;
- п-образный шинный соединитель (S1), предназначенные для подключения модулей к внутренней шине контроллера;
- блоки зажимов (ХТ6).

Подсистема ввода-вывода дискретных сигналов обеспечивает безопасное подключение дискретных сигналов к модулю контроллера.

7 Разработка общего вида щита управления

Общий вид щита управления представлен на листе с шифром ФЮРА.421000.007 ВО.

Внутри шкафа управления размещена система контроля и регулирования, а также вспомогательная аппаратура. В верхней части шкафа расположен осветительный прибор (EL1) и концевой выключатель (SQ1). В верхнем ряду расположен контроллер Siemens SIMATIC S7-300 (AC1), во втором ряду расположены средства защиты системы питания и управления, а именно автоматический выключатель (QF1), устройство защиты от перенапряжений (Z1), блок питания (G1) и щитовая розетка (XS1). В третьем ряду расположена вспомогательная аппаратура – реле (К1, К2, КК1),

разделительные преобразователи (UY1...UY3). В нижней части шкафа вертикально в несколько рядов расположены групповые обжимы зажимов (ХТ0...ХТ7). На лицевой стороне двери показано расположение фильтрующего вентилятора (М1).

В данной дипломной работе был выбран шкаф распределительный типа AX 1260.000 IP 66/NEMA 4 производства фирмы Rittal (Германия). Размеры шкафа 1200х600х300 мм. Оборудование размещено на монтажных шинах с перфорацией NS 35/7,5 производителя Phoenix Contact. Для прокладки силовых проводов используются перфорированные короба 40х40 производителя Efarel. Справа приведён перечень элементов, входящих в щит управления.

8 Расчет параметров регулятора

Идентификация объекта управления

Идентификация - это совокупность методов предназначенных для построения математических моделей динамической системы по данным наблюдений. Математическая модель в данном случае означает математическое описание поведения какой-либо системы или процесса во временной области. Существует активная и пассивная идентификации. В случае активной – объект исследования выводится из равновесного состояния путем подачи на его входы специальных сигналов.

К активной идентификации прибегают при разработке новых технологий на действующих промышленных объектах. Пассивная идентификация применяется для уточнения математической модели.

В данной работе для получения кривой разгона была использована модель изменения частоты вращения ротора турбины по времени (рисунок 3).

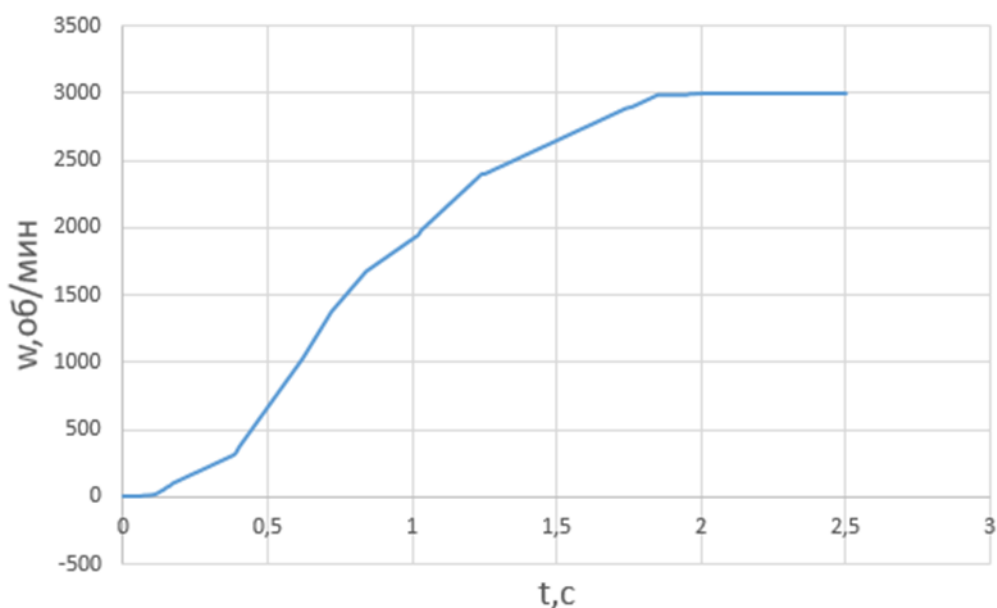


Рисунок 3 – Кривая разгона объекта управления

На полученной переходной характеристике определяем динамические параметры объекта, такие как: постоянная времени T ; запаздывание τ , коэффициент передачи K .

Передаточная функция для кривой представляет собой апериодическое звено с запаздыванием:

$$W(P) = \frac{K}{(TP + 1)} e^{-P\tau},$$

где k – коэффициент усиления, P – оператор Лапласа, τ – время запаздывания, T – постоянная времени.

Решение уравнения при нулевых начальных условиях представляет собой:

$$\begin{cases} h(t) = 0 & 0 \leq t \leq \tau, \\ h(t) = h(\infty) \left[1 - e^{-\frac{t-\tau}{T}} \right] & t > \tau. \end{cases}$$

Получаем два неизвестных значения время запаздывания τ и постоянную времени T . Коэффициент усиления $k = \frac{h(T_y)}{A}$, где A – выходное воздействие; при единичном воздействии $k = h(T_y)$. Время чистого запаздывания заранее выделяется из $h(t)$. На кривой разгона строим две точки A и B . Точка A определяется как $0,33 k$, а точка B имеет ординату $0,7 k$. Постоянная времени T и время запаздывания τ определяются по формулам:

$$T = -\frac{t_A - \tau}{\ln(1 - h_A)},$$

$$\tau = \frac{t_B \ln(1 - h_A) - t_A \ln(1 - h_B)}{\ln(1 - h_A) - \ln(1 - h_B)},$$

где t_A и t_B – значение времени при соответствующих точках на кривой;

h_A и h_B – значение ординат при точках A и B .

Из графика, изображенного на рисунке 4 определяем расположение на кривой точек A и B и находим необходимые неизвестные параметры.

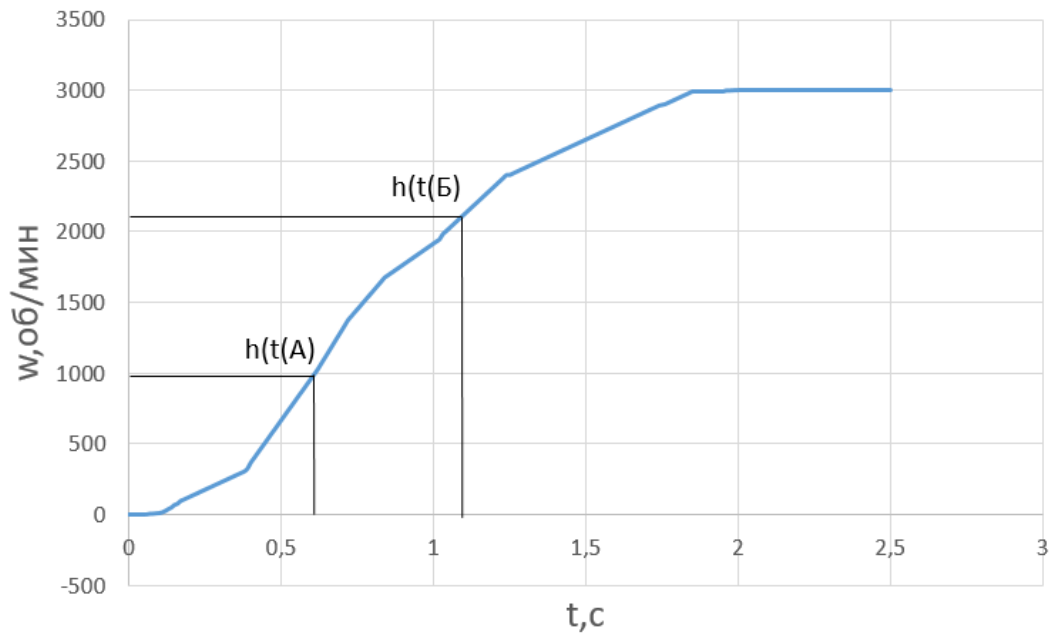


Рисунок 4 – Определение точек на кривой разгона для расчета

Для наглядности и точности производится аппроксимация кривой по методу Орманна. Определяется время t_B по нормированной переходной функции $H(t)$, которое является корнем уравнения $h(t_B)$ и время t_A и $h(t_A)$. Затем вычисляются постоянная времени T и время запаздывания τ :

$$\tau = 0,5(3t_A - t_B),$$

$$T = \frac{t_B - \tau}{1,2} = 1,25(t_B - t_A).$$

Определяем значения по кривой разгона:

$$\tau = 0,5(3 \cdot 0,61 - 1,09) = 0,37 \text{ с},$$

$$T = 1,25(1,09 - 0,61) = 0,6 \text{ с}.$$

Передаточная функция имеет вид:

$$W(P) = \frac{3000}{(0,6P + 1)} e^{-0,37P}.$$

Расчет параметров настройки регулятора

На рисунке 5 представлена структурная схема системы регулирования, которая имеет следующий вид:

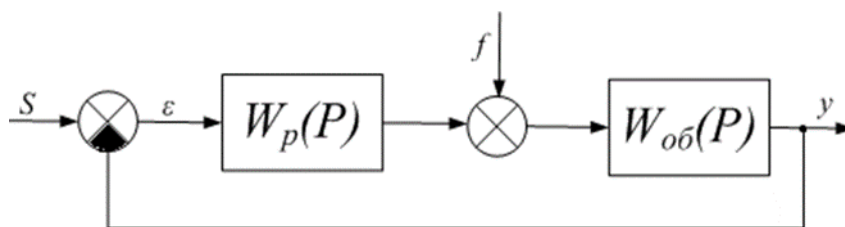


Рисунок 5 – Структурная схема системы регулирования

Выполняется расчет для степени устойчивости равной $\psi=0,95$.

В качестве интегральной оценки качества принять первую интегральную оценку качества.

8.1 Расчет и построение границы заданного запаса устойчивости АСР с ПИ-регулятором и объектом с передаточной функцией

Для расчёта и построения границы заданного запаса устойчивости АСР с ПИ-регулятором, воспользуемся корневым методом параметрического синтеза систем автоматического регулирования с применением расширенных амплитудно-фазовых частотных характеристик (РАФЧХ).

Для системы регулирования установлены следующие требования к запасу устойчивости системы: степень затухания переходного процесса в системе $\psi = 0,95$.

Есть зависимость между степенью затухания переходных процессов в заданной системе регулирования ψ и степенью колебательности переходных процессов в заданной системе регулирования m , можно определить значение заданной степени колебательности m по формуле:

$$m = -\frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \ln(1 - \psi) = -\frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \ln(1 - 0,95) \approx 0,477,$$

где ψ – степень затухания переходных процессов в заданной системе регулирования.

Передаточная функция объекта регулирования определяется по формуле:

$$W_{об}(P) = \frac{K}{\prod_{i=1}^n (T_i \cdot P + 1)} \cdot e^{-P \cdot \tau},$$

где P – оператор Лапласа.

Если порядок объекта $n=1$, то выражение примет вид:

$$W_{об}(P) = \frac{K \cdot e^{-P \cdot \tau}}{(T_1 \cdot P + 1)}.$$

Тогда после подстановки значений выше приведенных параметров получаем окончательное выражение для передаточной функции объекта регулирования:

$$W_{об}(P) = \frac{3000 \cdot e^{-0,37 \cdot P}}{(0,6 \cdot P + 1)}.$$

Определим расширенные частотные характеристики объекта регулирования. Расширенные частотные характеристики какого-либо звена можно получить подстановкой в передаточную функцию этого звена $W(P)$ оператора $p = -m \cdot \omega + i \cdot \omega$ или $p = -\eta + i \cdot \omega$, в выражениях для оператора Лапласа ω – частота, c^{-1} . В первом случае расчётные формулы метода обеспечивают получение границы заданной степени колебательности системы m , а во втором – получение границы заданной степени устойчивости системы η в пространстве параметров настройки регулятора [7].

Заменим оператор $p = -m \cdot \omega + i \cdot \omega$, в результате получаем выражение для РАФЧХ объекта регулирования:

$$W_{об}(P) = \frac{3000 \cdot e^{-0,37(-m\omega + i\omega)}}{[0,6(-m\omega + i\omega) + 1]}.$$

Используя программу Mathcad, предварительно задав начальное значение частоты $\omega = 0 \text{ c}^{-1}$ и шаг по частоте $\Delta\omega = 0,5 \text{ c}^{-1}$, рассчитываем расширенные частотные характеристики объекта при изменении частоты до $\omega = 10 \text{ c}^{-1}$.

Расширенная вещественная частотная характеристика (РВЧХ):

$$Re_{об}(m, \omega) = Re(W_{об}(m, i\omega)).$$

Расширенная мнимая частотная характеристика (РМЧХ):

$$Im_{об}(m, \omega) = Im(W_{об}(m, i\omega)).$$

Расширенная амплитудно-частотная характеристика (РАЧХ):

$$A_{o\delta}(m, \omega) = \sqrt{Re_{o\delta}(m, \omega)^2 + Im_{o\delta}(m, \omega)^2}$$

Расширенная фазо-частотная характеристика (РФЧХ):

$$\varphi_{o\delta}(m, \omega) = \arctg\left(\frac{Im_{o\delta}(m, \omega)}{Re_{o\delta}(m, \omega)}\right).$$

Результаты расчётов сведём в таблицу 13.

Таблица 13 – Расширенные частотные характеристики объекта регулирования

ω, c^{-1}	$Re_{o\delta}(m, \omega)$	$Im_{o\delta}(m, \omega)$	$A_{o\delta}(m, \omega)$	$\varphi_{o\delta}(m, \omega), \text{рад}$
0	3000	0	3000	0
0,5	3128,95	-1798,85	3609,18	-0,52176
1	1846,22	-3365,05	3838,24	-1,06899
1,5	37,1382	-3668,09	3668,28	-1,56067
2	-1298,14	-3090,23	3351,82	1,1731
2,5	-2054,28	-2260,86	3054,76	0,83324
3	-2421,08	-1448,61	2821,36	0,53919
3,5	-2550	-719,44339	2649,55	0,27499
4	-2526,46	-77,17218	2527,64	0,03054
4,5	-2395,74	486,71697	2444,68	-0,20043
5	-2182,49	979,60091	2392,25	-0,42189
5,5	-1901,39	1405,2	2364,29	-0,63645
6	-1562,55	1763,89	2356,45	-0,84585
6,5	-1174,39	2053,59	2365,68	-1,05132
7	-745,12828	2270,65	2389,79	-1,25371
7,5	-283,63711	2410,63	2427,26	-1,45367
8	200,11568	2468,95	2477,05	1,48992
8,5	694,85627	2441,51	2538,46	1,29353
9	1187,96	2325,18	2611,07	1,09846
9,5	1665,53	2118,34	2694,69	0,9045
10	2112,58	1821,27	2789,27	0,71148

Построим РАФЧХ объекта регулирования, которая представлена на рисунке 6.

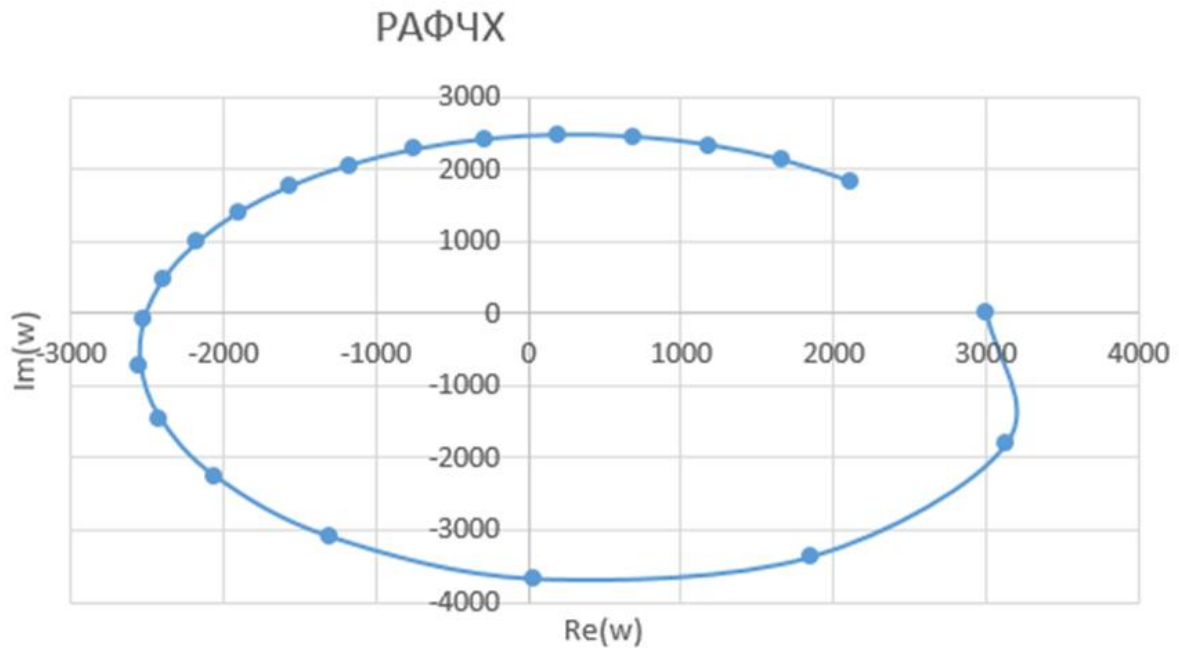


Рисунок 6 – РАФЧХ объекта регулирования

Расчётные формулы корневого метода для ПИ-регулятора имеют вид:

$$\frac{K_p}{T_i} = - \frac{\omega \cdot (m^2 + 1) \cdot \text{Im}_{o\delta}(m, \omega)}{A_{o\delta}^2(m, \omega)} ;$$

$$K_p = - \frac{m \cdot \text{Im}_{o\delta}(m, \omega) + \text{Re}_{o\delta}(m, \omega)}{A_{o\delta}^2(m, \omega)} ,$$

где K_p – коэффициент передачи ПИ-регулятора, T_i – постоянная интегрирования ПИ-регулятора.

Зададим диапазон изменения частоты $\omega = 0 \dots 4 \text{ с}^{-1}$ с шагом $\Delta\omega = 0,2 \text{ с}^{-1}$, определим настройки регулятора $\frac{K_p}{T_i}$ и K_p в заданном диапазоне частот.

Результаты расчётов сведём в таблицу 14.

Таблица 14 – Результаты расчёта настройки ПИ-регулятора

$\omega, \text{с}^{-1}$	$\frac{K_p}{T_n}$	K_p
0	-0,00033	0
0,2	-0,00027	0,000015
0,4	-0,00021	0,0000561
0,6	-0,00014	0,000118
0,8	-0,000078	0,000194
1	-0,000016	0,00028
1,2	0,0000434	0,00037
1,4	0,0001	0,000459
1,6	0,000153	0,000543
1,8	0,000202	0,000616
2	0,000247	0,000675
2,2	0,000286	0,000718
2,4	0,000321	0,00074
2,6	0,00035	0,000741
2,8	0,000373	0,000718
3	0,000391	0,00067
3,2	0,000403	0,000597
3,4	0,000411	0,000499
3,6	0,000412	0,000376
3,8	0,000409	0,000229
4	0,000401	0,0000593

Частота $\omega = 2,6$ является резонансной, так как при её значении наблюдается максимум отношения $\frac{K_p}{T_n}$. На рисунке 7 представлена область параметров настройки ПИ-регулятора.

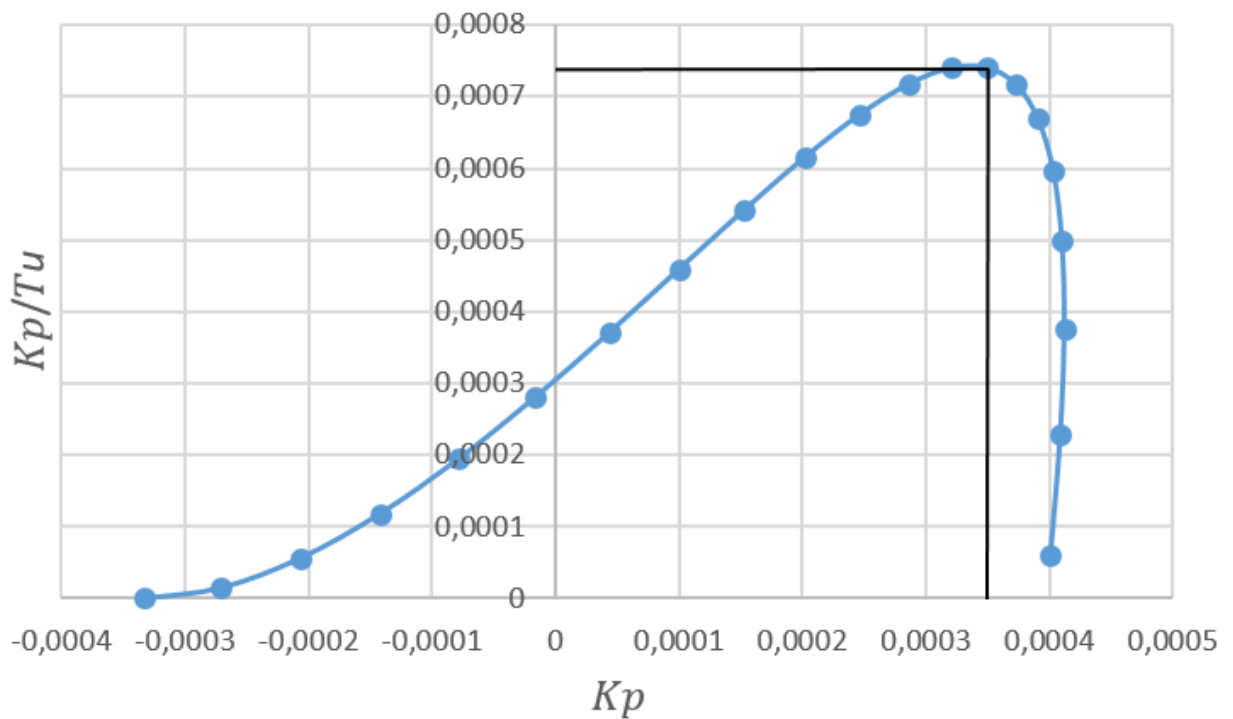


Рисунок 7 – Область параметров настройки ПИ-регулятора

Полученная кривая является границей заданной степени затухания $\psi_{\text{зад}} = 0,95$ процесса регулирования, что соответствует степени колебательности $m = 0,477$. Таким образом, все значения $\frac{K_p}{T_i}$ и K_p , лежащие на этой кривой, обеспечивают определенную степень затухания (в данном случае $\psi = \psi_{\text{зад}} = 0,95$) [8].

8.2 Определение оптимальных параметров настройки ПИ-регулятора

Поиск оптимальных параметров настройки регулятора осуществляется вдоль границы заданного запаса устойчивости системы регулирования, представленной на рисунке 7, до достижения экстремума принятого критерия качества [9].

Для аperiodических и колебательных переходных процессов целесообразно применять интегральную оценку типа:

$$I_1 = \int_0^{\infty} \varepsilon(t) dt$$

Используя данные таблицы 14 и рисунка 7, определяем соответствующие параметры настройки:

$$K_p = 0,00035 \text{ и } \max\left(\frac{K_p}{T_u}\right) = 0,000741.$$

Резонансная частота замкнутой системы $\omega_{\text{рез}} = 2,6 \text{ с}^{-1}$.

$$T_u = \frac{K_p}{\frac{K_p}{T_u}} = \frac{0,00035}{0,000741} = 0,47 \text{ с}.$$

Передаточная функция регулятора:

$$W_p(P) = K_p \cdot \left(1 + \frac{1}{T_u P}\right) = 0,00035 \cdot \left(1 + \frac{1}{0,47 \cdot P}\right).$$

8.3 Расчёт, построение и оценка качества переходных процессов в замкнутой АСР при возмущении f , идущем по каналу регулирующего воздействия

Переходный процесс в замкнутой АСР по каналу задающего воздействия

$$\begin{aligned} W_{s-y} &= \frac{W_{об}(P) \cdot W_p(P)}{1 + W_{об}(P) \cdot W_p(P)} = \\ &= \frac{\frac{3000 \cdot e^{-0,37 \cdot P}}{(0,6 \cdot P + 1)} \cdot 0,00035 \cdot \left(1 + \frac{1}{0,47 \cdot P}\right)}{1 + \frac{3000 \cdot e^{-0,37 \cdot P}}{(0,6 \cdot P + 1)} \cdot 0,00035 \cdot \left(1 + \frac{1}{0,47 \cdot P}\right)}, \end{aligned}$$

где $W_{об}(P)$ – передаточная функция объекта, $W_p(P)$ – передаточная функция регулятора.

Используя программу Mathcad, предварительно задав диапазон изменения частоты $\omega = 0 \dots 7,7 \text{ с}^{-1}$ с шагом $\Delta\omega = 0,4 \text{ с}^{-1}$, рассчитываем вещественную частотную характеристику замкнутой АСР при регулирующем воздействии: $Re_{з.с.}(\omega)$.

Результаты расчёта сведём в таблицу 15.

Таблица 15 – Результаты расчета ВЧХ замкнутой системы по каналу задающего воздействия

$\omega, \text{с}^{-1}$	$Re_{3.c.}(\omega)$
0	1
0,1	1,00023
0,5	1,0038
0,9	0,99661
1,3	0,93684
1,7	0,74757
2,1	0,33342
2,5	-0,28565
2,9	-0,8219
3,3	-1,0216
3,7	-0,95932
4,1	-0,80053
4,5	-0,63407
4,9	-0,4887
5,3	-0,3689
5,7	-0,2719
6,1	-0,19351
6,5	-0,12995
6,9	-0,07814
7,3	-0,03572
7,7	-0,000858178

На рисунке 8 представлен график ВЧХ замкнутой системы.

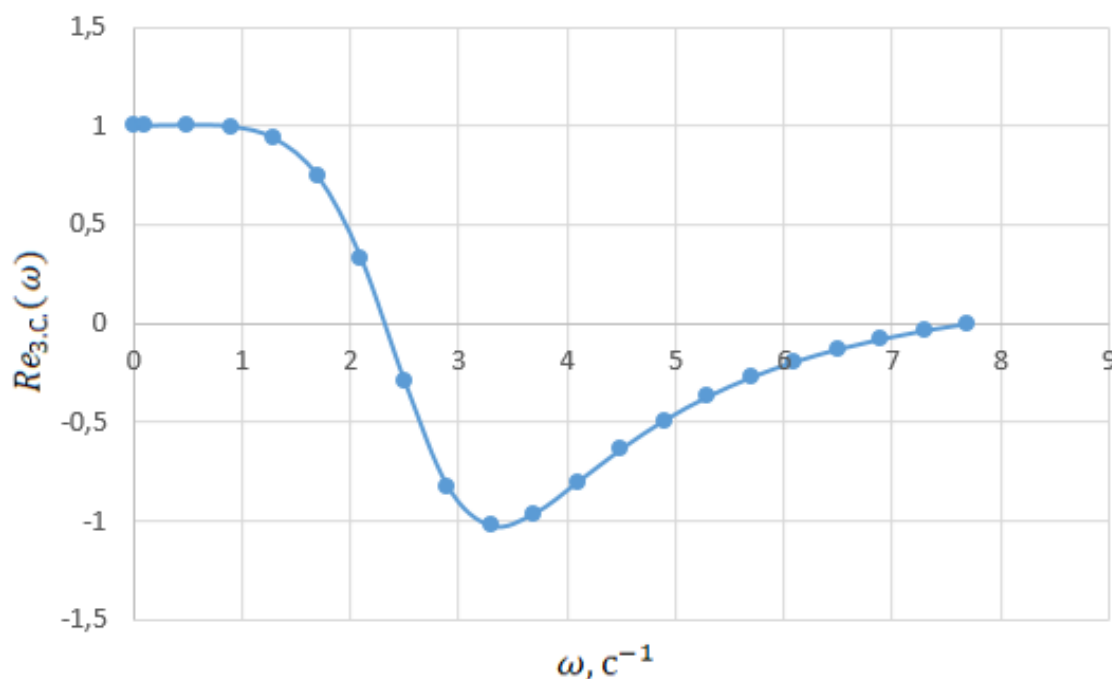


Рисунок 8 – График ВЧХ замкнутой системы по каналу задания $s - y$

Переходный процесс по каналу задающего воздействия рассчитываем по формуле:

$$y(t) = \frac{2}{\pi} \cdot \int_0^{7,7} \frac{Re_{3.c.}(\omega)}{\omega} \cdot (\sin(\omega \cdot t)) d\omega,$$

где 0,097 частота, при которой график $Re_{3.c.}(\omega)$ стремится к 0, данная частота определена графическим способом из рисунка 8 [10].

Задав диапазон изменения времени переходного процесса $t = 0 \dots 5$ с с шагом $\Delta t = 0,1$ с, рассчитываем переходный процесс в замкнутой АСР.

Результаты расчета представим в таблице 16.

Таблица 16 – Результаты расчёта переходного процесса в замкнутой АСР по каналу задающего воздействия

t, c	$y(t)$	t, c	$y(t)$	t, c	$y(t)$
0	0	1,7	1,21231	3,4	1,00333
0,1	-0,02943	1,8	1,16271	3,5	1,00926
0,2	-0,03433	1,9	1,11169	3,6	1,01298
0,3	4,08E-03	2	1,06311	3,7	1,01477

Продолжение таблицы 16

t, c	$y(t)$	t, c	$y(t)$	t, c	$y(t)$
0,4	0,09466	2,1	1,02024	3,8	1,01507
0,5	0,23481	2,2	0,98541	3,9	1,01432
0,6	0,41195	2,3	0,95979	4	1,01288
0,7	0,60713	2,4	0,9433	4,1	1,01096
0,8	0,79978	2,5	0,93495	4,2	1,00869
0,9	0,97205	2,6	0,9332	4,3	1,0062
1	1,11172	2,7	0,93645	4,4	1,00364
1,1	1,2132	2,8	0,94325	4,5	1,00125
1,2	1,27675	2,9	0,95247	4,6	0,99926
1,3	1,3066	3	0,96315	4,7	0,99782
1,4	1,30895	3,1	0,97441	4,8	0,99699
1,5	1,29023	3,2	0,98538	4,9	0,99666
1,6	1,25633	3,3	0,99525	5	0,99669

На рисунке 9 представлен результат расчёта переходного процесса в замкнутой АСР по каналу задающего воздействия.

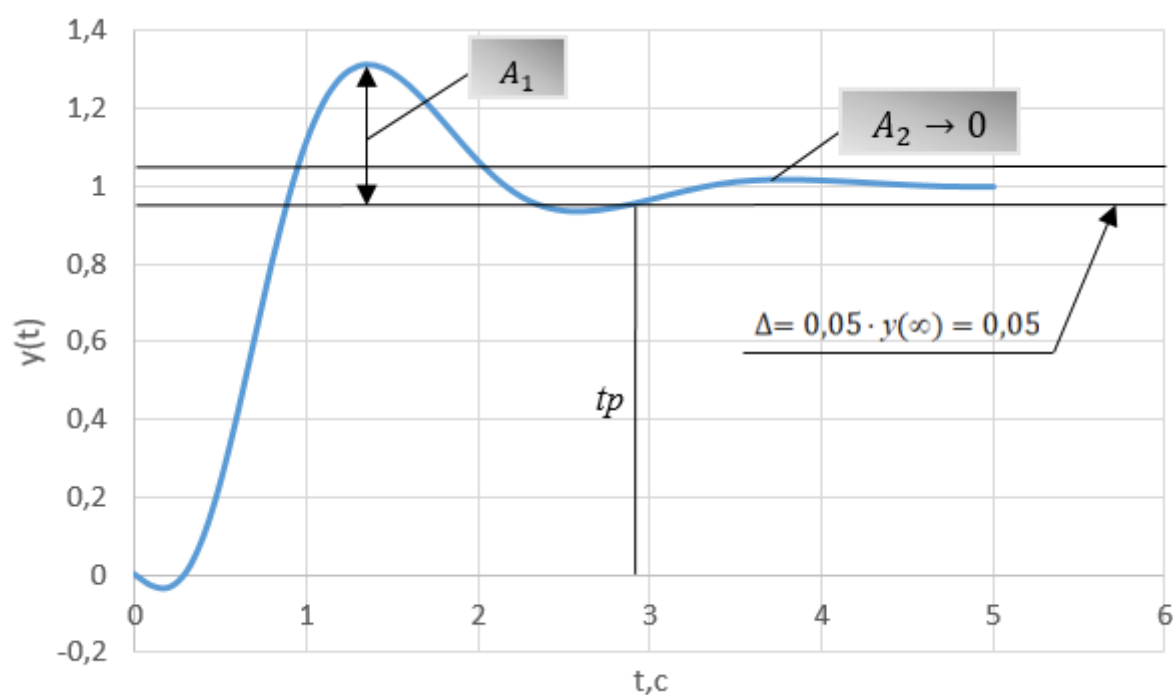


Рисунок 9 – Результат расчёта переходного процесса в замкнутой АСР по каналу задающего воздействия $s - y$

8.4 Оценка качества регулирования

Под качеством регулирования понимают совокупность показателей или критериев, позволяющих оценить характер отклонения регулируемой величины под действием изменяющихся возмущений и судить о том, насколько система удовлетворяет поставленным требованиям при заданных конкретных ограничениях.

Используя данные таблицы 16 и рисунка 9, произведём оценку качества переходного процесса в замкнутой АСР.

Прямые критерии качества:

1. Максимальная динамическая ошибка: $A_1 = 0,309$.
2. Перерегулирование:

$$\sigma = \frac{A_1}{y(\infty)} \cdot 100\% = \frac{0,309}{1} \cdot 100\% = 30,9 \%,$$

где $y(\infty)$ – уровень установившегося значения регулируемой величины при времени переходного процесса t .

3. Степень затухания переходного процесса:

$$\psi = 1 - \frac{A_2}{A_1} = 1 - \frac{0}{0,309} = 1.$$

4. Статическая ошибка:

$$\varepsilon_{CT} = S - y(\infty) = 1 - 1 = 0.$$

5. Время регулирования: $t_p = 2,9$ с, при величине $\Delta = 0,05 \cdot y(\infty) = 0,05$.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
5Б8В	Полищук Александр Александрович

Школа	Инженерная школа энергетики	Отделение школы (НОЦ)	И.Н. Бутакова
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томск Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ИПУ
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления во внебюджетные фонды – 30,2 %.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Анализ конкурентных технических решений; SWOT-анализ.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Планирование научно-исследовательских работ; Определение трудоемкости работ; Построение диаграммы Ганта.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Сравнительная оценка характеристик проекта; Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. Матрица SWOT
2. Диаграмма Ганта
3. Многоугольник конкурентоспособности

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	15.02.2022
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП ТПУ	Кашук Ирина Вадимовна	к.э.н доцент		15.02.22

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б8В	Полищук Александр Александрович		15.02.22

9 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Введение

Целью данного раздела является оценка коммерческой ценности разработанной автоматической системы регулирования частоты вращения ротора турбины с точки зрения финансового менеджмента, ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Достижение цели обеспечивается решением ряда задач:

- определение потенциальных потребителей исследования;
- анализ конкурентов;
- определение структуры работ, сколько времени и финансовых средств необходимо для достижения поставленной цели;
- определение ресурсоэффективности исследования.

9.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

9.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

В связи с тем, что разрабатываемая АСР рассчитана на конкретные параметры паровой турбины марки «К – 200 – 130 – 3 ЛМЗ» в данном случае потенциальным потребителем такой разработки является энергетическая промышленность. А именно, тепловые электростанции, имеющие в составе энергоблоки, параметры которых, соответствуют параметрам разрабатываемой системы. Данный энергоблок паровая турбина представляет собой одновальный трехцилиндровый агрегат, предназначена для непосредственного привода генератора переменного тока. Такие энергоблоки имеются в составе Гусиноозерской ГРЭС и др.

9.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим конкурентам, позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направление для ее будущего повышения [11].

Проведем данный анализ с помощью оценочной карты. Для этого отберем три конкурирующие разработки, обеспечивающие автоматическое регулирование частоты вращения ротора турбины.

- 1) Регулирование частоты вращения изменением активного сопротивления в цепи ротора.
- 2) Регулирование частоты вращения ротора изменением расхода пара.
- 3) Регулирование частоты вращения ротора изменением частоты тока в статоре.

Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений приведена в таблице 17. Позиции разработок приведены под номерами 1, 2, 3 соответственно. Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведенные в таблице 17, подобраны с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Таблица 17 – Оценочная карта сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б ₁	Б ₂	Б ₃	К ₁	К ₂	К ₃
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Динамическая точность	0,2	2	4	4	0,4	0,8	0,8
2. Простота эксплуатации	0,05	3	4	4	0,15	0,2	0,2
3. Надежность	0,15	3	5	4	0,45	0,75	0,6
4. Качество регулирования	0,2	2	5	5	0,4	1	1
5. Простота наладки	0,05	4	5	4	0,2	0,25	0,2
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Цена	0,1	4	3	3	0,4	0,3	0,3
2. Предполагаемый срок эксплуатации	0,2	4	4	4	0,8	0,8	0,8
3. Стоимость обслуживания	0,05	4	4	4	0,2	0,2	0,2
Итого	1	26	34	32	3,0	4,3	4,1

На рисунке 10 наглядно представлены преимущества и недостатки предложенного и существующих методов автоматического регулирования нагрузки паровой турбины.

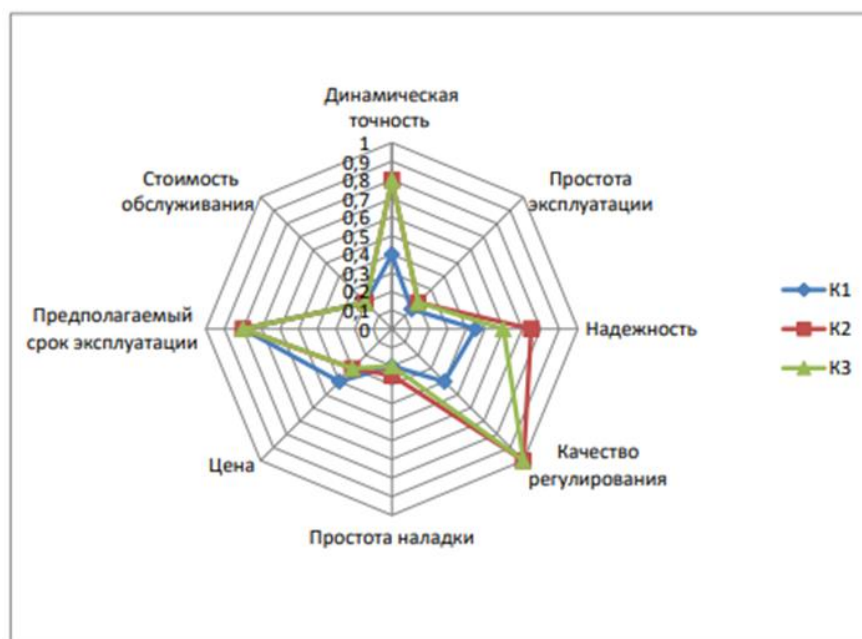


Рисунок 10 – Многоугольник конкурентоспособности

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot \text{Б}_i,$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента; B_i – вес показателя (в долях единицы); Б_i – балл i -го показателя

Пример расчета для конкурента 1:

$$K = \sum B_i \cdot \text{Б}_i = 0,2 \cdot 4 + 0,05 \cdot 3 + 0,15 \cdot 3 + 0,2 \cdot 2 + 0,05 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 + 0,02 \cdot 4 + 0,05 \cdot 4 = 3,0.$$

Анализируя полученные результаты, делаем вывод, что разработки под номерами 1 и 2 являются наиболее конкурентоспособными и выгодными. Такие разработки проще в наладке и эксплуатации, обеспечивают большее качество регулирования и динамическую точность в отличие от варианта под номером 3.

В данной работе используется разработка под номером 2. Далее будет рассматриваться только эта разработка.

9.1.3 SWOT-анализ

SWOT-анализ – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта, применяется для исследования внешней и внутренней среды проекта [11].

В данном разделе проведем SWOT-анализ выбранного проектного решения. Для этого необходимо описать сильные и слабые стороны проекта, выявить возможности и угрозы для реализации проекта, которые появились или могут появиться в его внешней среде. Матрица SWOT представлена в таблице 18.

Таблиц 18 – Матрица SWOT-анализа

	Сильные стороны: С1. Входит в состав объединённой энергетической системы. С2. Неограниченный доступ к основному виду топлива. С3. Квалифицированный персонал. С4. Большие финансовые возможности. С5. Большой спрос на продукцию	Слабые стороны: Сл1. Большие расходы на амортизацию. Сл2. Высокая себестоимость продукции. Сл3. Загруженность станции зависит от времени года. Сл4. Мало инновационных внедрений в производство.
Возможности: В1. Расширение рынка. В2. Снижение уровня инфляции. В3. Развитие инфраструктуры в регионе. В4. Внедрение новых технологий. В5. Развитие сопутствующего производства.	Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и возможности» 1. Конкурентное преимущество в виде топлива по себестоимости позволит вытеснять конкурентов с рынка. 2. Опытный персонал делает возможным применение передовых технологий. 3. Большие финансовые возможности позволят развить сопутствующие производства. 4. Развитие инфраструктуры в регионе увеличит спрос на продукцию.	Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и возможности» 1. Расширение рынка позволит более полно использовать потенциал станции. 2. Снижение уровня инфляции частично компенсирует высокую себестоимость продукции. 3. Применение современных материалов позволит повысить износостойкость оборудования. 4. Развитие сопутствующего производства позволит иметь прибыль в периоды малой загруженности станции.

Продолжение таблицы 18

Угрозы:	Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и угрозы»	Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и угрозы»
У1. Деиндустриализация региона. У2. Возможность роста налогов. У3. Экономический спад. У4. Повышение стоимости используемого топлива.	1. Потенциальный общий спад экономики в меньшей степени отразится на крупных предприятиях. 2. Спрос на электрическую и тепловую энергии сохранится даже в случае закрытия крупных предприятий.	1. Возможный экономический спад поспособствует искать решение проблем через внедрение новых технологий.

Проведение SWOT-анализа позволило выявить сильные и слабые стороны проекта, а также существующие возможности и угрозы для дальнейшей реализации проекта.

Из проведённого анализа видно, что основным достоинством такой системы является ориентированность на снижение выбросов, который в будущем будет активно использовать в России так же как и за рубежом. Система включает в себя современные компоненты, использует надежные ПЛК и обладает соответствующей точностью. Также постоянный спрос на выпускаемую продукцию делает предприятие менее восприимчивым ко внешним неблагоприятным факторам. У системы также существует ряд недостатков, которые в первую очередь связаны с привязкой системы на конкретный вид топлива потребность в высококвалифицированном персонале способным обеспечить обслуживание данной системы. Выявленные недостатки возможно устранить путем проведения дальнейшей модернизации системы с использованием новых технологий.

9.2 Планирование научно-исследовательских работ

9.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

В данном разделе составлен перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, проведено распределение исполнителей по видам работ, установлена продолжительность работ, построен график проведения научного исследования.

Порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по видам работ приведен в таблице 19.

Таблица 19 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель темы
Выбор направления исследования	2	Подбор и изучение материалов по теме	Исполнитель
	3	Выбор направления исследования	Исполнитель
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель темы
Теоретические исследования	5	Поиск и анализ существующих проектных решений	Исполнитель
	6	Сравнение существующих проектных решений, определение достоинств и недостатков, поиск способов усовершенствования	Исполнитель

Продолжение таблицы 19

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Обобщение и оценка результатов	7	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель темы
	8	Определение целесообразности проведения ОКР	Руководитель темы
Разработка технической документации и проектирование	9	Разработка проектной конструкторской документации, подбор оборудования	Исполнитель
	10	Разработка мероприятий связанных с охраной труда и экологической безопасностью	Исполнитель
	11	Оценка коммерческого потенциала, ресурсоэффективности, ресурсосбережения	Исполнитель
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР	12	Составление пояснительной записки ВКР	Исполнитель

9.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

В данном разделе определена трудоемкость работ каждого из участников научного исследования. Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается в человеко-днях и носит вероятностных характер.

Для определения, ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула [11]:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{max i}}{5},$$

где $t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, чел.-дн.; $t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка), чел.-дн.; $t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной работы i -ой работы (пессимистическая оценка), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_{pi} , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями [11].

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i},$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.; $t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.; $Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести календарные дни [11]. Для этого воспользуемся формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}},$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -ой работы в календарных днях; T_{pi} – продолжительность выполнения i -ой работы в рабочих днях; $k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности [11].

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 118} = 1,48 \approx 2.$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году; $T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году; $T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

В таблице 20 указан перечень работ, исполнители и временные показатели выполнения проекта.

Таблица 20 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ						Длительность работ в рабочих днях		Длительность работ в календарных днях	
	$t_{\min}$, чел.-дни		$t_{\max}$, чел.-дни		$t_{\text{ож}}\text{,}$ чел.-дни		T_{pi}		T_{ki}	
	Руководитель	Исполнитель	Руководитель	Исполнитель	Руководитель	Исполнитель	Руководитель	Исполнитель	Руководитель	Исполнитель
Составление и утверждение технического задания	1	-	2	-	1,4	-	2	-	4	-
Подбор и изучение материалов по теме	-	4	-	5	-	4,4	-	5	-	10
Выбор направления исследования	-	1	-	2	-	1,4	-	2	-	4
Календарное планирование работ по теме	1	-	2	-	1,4	-	2	-	4	-
Поиск и анализ существующих проектных решений	-	2	-	3	-	2,4	-	3	-	6

Продолжение таблицы 20

Сравнение существующих проектных решений, определение достоинств и недостатков, поиск способ усовершенствования	-	2	-	3	-	2,4	-	3	-	6
Оценка эффективности полученных результатов	1	-	2	-	1,4	-	2	-	4	-
Определение целесообразности проведения ОКР	1	-	2	-	1,4	-	2	-	4	-
Разработка проектной конструкторской документации, подбор оборудования	-	22	-	24	-	22,8	-	23	-	46
Разработка мероприятий связанных с охраной труда и экологической безопасностью	-	2	-	3	-	2,4	-	3	-	6
Оценка коммерческого потенциала, ресурсоэффективности, ресурсосбережения	-	2	-	3	-	2,4	-	3	-	6
Составление пояснительной записки ВКР	-	4	-	5	-	4,4	-	5	-	10

Пример расчета для первой строки:

$$t_{ожи} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 2}{5} = 1,4 \text{ чел. – дн.}$$

$$T_{pi} = \frac{t_{ожи}}{Ч_i} = \frac{1,4}{1} = 2 \text{ дня.}$$

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} = 2 \cdot 2 = 4 \text{ дня.}$$

9.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

В данном разделе построен ленточный график проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ [11].

Календарный план-график построен на основе таблицы 20 с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней).

Таблица 11 – Календарный план-график проекта

№ работ	Вид работ	Исполнители	T_{ki} , кал. дн.												
				февраль			март			апрель			май		
				2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	4	■											
2	Подбор и изучение материалов по теме	Исполнитель	10		■										
3	Выбор направления исследования	Исполнитель	4			■									
4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель	4				■								
5	Поиск и анализ существующих проектных решений	Исполнитель	6				■								
6	Сравнение существующих проектных решений, определение достоинств и недостатков, поиск способ усовершенствования	Исполнитель	6					■							
7	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель	4						■						
8	Определение целесообразности проведения ОКР	Руководитель	4						■						
9	Разработка проектной конструкторской документации, подбор оборудования	Исполнитель	46							■	■	■	■	■	■
10	Разработка мероприятий связанных с охраной труда и экологической безопасностью	Исполнитель	6											■	
11	Оценка коммерческого потенциала, ресурсоэффективности, ресурсосбережения	Исполнитель	6												■
12	Составление пояснительной записки ВКР	Исполнитель	10												■



- Руководитель



- Исполнитель

9.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

9.3.1 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по теме [11]. Затраты на оборудование приведены в таблице 22.

Таблица 22 – Расчет бюджета

Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
Персональный компьютер	1	45000	45000
Итого			45000

Затраты на амортизации используемого ПК, руб./год рассчитываются по формуле:

$$K_{\text{ам}} = \frac{T_{\text{исп.пк}} \cdot C_{\text{пк}}}{T_{\text{кал.}} \cdot T_{\text{сл}}},$$

где $T_{\text{исп.пк}}$ – время использования ПК; $C_{\text{пк}}$ – цена ПК; $T_{\text{кал.}}$ – календарное время; $T_{\text{сл}}$ – срок службы ПК.

$$K_{\text{ам}} = \frac{110 \cdot 45000}{365 \cdot 3} = 4520 \text{ руб./год.}$$

9.3.2 Основная заработная плата исполнителей проекта

В данную статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из

трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок [11].

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НТИ (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату [11]:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп},$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата; $З_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $З_{осн}$).

Основная заработная плата ($З_{осн}$) руководителя (лаборанта, исполнителя) от предприятия рассчитывается по следующей формуле [11]:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p,$$

где $З_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.; T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб.дн.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле [11]:

$$З_{дн} = \frac{З_m \cdot M}{F_d}$$

где $З_m$ – месячный должностной оклад работника, руб.; M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 28 раб. дня $M=11,1$ месяца, 5-дневная рабочая неделя; в 48 раб.дней $M=10,4$ месяца, 6-дневная рабочая неделя; F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно технического персонала, раб. дн. (таблица 23).

Таблица 23 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Исполнитель
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней (выходные, праздничные дни)	66	118
Потери рабочего времени (отпуск, невыходы по болезни)	56	28
Действительный годовой фонд рабочего времени	243	219

Месячный должностной оклад работника [11]:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}},$$

где $З_{\text{тс}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.; $k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30 % от $З_{\text{тс}}$); $k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,15-0,2 (т.е. 15-20 % от $З_{\text{тс}}$); $k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 для Томска.

Месячный должностной оклад руководителя и инженера:

$$З_{\text{м}}^{\text{рук}} = З_{\text{тс}}^{\text{рук}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}} = 30000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 58500 \text{ руб.},$$

$$\begin{aligned} З_{\text{м}}^{\text{инж}} &= З_{\text{тс}}^{\text{инж}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}} = 16000 \cdot (1 + 0,3 + 0,15) \cdot 1,3 \\ &= 30160 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Среднедневная заработная плата руководителя и исполнителя:

$$З_{\text{дн}}^{\text{рук}} = \frac{З_{\text{м}}^{\text{рук}} \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{58500 \cdot 10,1}{243} = 2431,5 \text{ руб.},$$

$$З_{\text{дн}}^{\text{инж}} = \frac{З_{\text{м}}^{\text{инж}}}{F_{\text{д}}} = \frac{30160 \cdot 11,07}{219} = 1524,5 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата руководителя и исполнителя:

$$З_{осн}^{рук} = З_{дн}^{рук} \cdot T_p = 2431,5 \cdot 8 = 19452 \text{ руб.},$$

$$З_{осн}^{инж} = З_{дн}^{инж} \cdot T_p = 1524,5 \cdot 47 = 71651,5 \text{ руб.}$$

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 24

Таблица 24 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$З_{тс}$, руб.	$k_{пр}$	k_d	k_p	$З_m$, руб.	$З_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн.	$З_{осн}$, руб.
Руководитель	30000	0,3	0,2	1,3	58500	2431,5	8	19452
Инженер	16000	0,3	0,15	1,3	30160	1524,5	47	71651,5
Итого $З_{осн}$								91103,5

9.3.3 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодно оплачиваемого отпуска и т.д.) [11].

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле [11]:

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн},$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12-0,15).

$$З_{доп}^{рук} = k_{доп} \cdot З_{осн}^{рук} = 0,12 \cdot 19452 = 2334,2 \text{ руб.},$$

$$З_{доп}^{инж} = k_{доп} \cdot З_{осн}^{инж} = 0,12 \cdot 71651,5 = 8598,2 \text{ руб.}$$

9.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФОМС) от затрат на оплату труда работников [11].

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы [11]:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}),$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

Величина отчислений во внебюджетные фонды руководителя и исполнителя:

$$З_{внеб}^{рук} = k_{внеб} \cdot (З_{осн}^{рук} + З_{доп}^{рук}) = 0,302 \cdot (19452 + 2334,2) = 6535,9 \text{ руб.},$$

$$З_{внеб}^{инж} = k_{внеб} \cdot (З_{осн}^{инж} + З_{доп}^{инж}) = 0,302 \cdot (71651,5 + 8598,2) = 24074,9 \text{ руб.}$$

9.3.5 Услуги сторонних организаций

Оплата услуги, сторонних организаций включает расходы, связанные с выполнением каких-либо работ по теме сторонними организациями [11].

В данном случае к ним относятся печатные услуги, включающие в себя печать листов различного формата, в том числе чертежей, и брошюровка.

$$З_{конр} = 800 \text{ руб.}$$

9.3.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле [11]:

$$З_{\text{накл}} = (\text{сумма статей}) \cdot k_{\text{нр}},$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16 % [46].

Величина накладных расходов:

$$\begin{aligned} З_{\text{накл}} &= (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}} + З_{\text{внеб}} + З_{\text{контр}} + А) \cdot k_{\text{нр}} = \\ &= (91103,5 + 10932,4 + 30610,8 + 800 + 2411) \cdot 0,16 = 21737,2 \text{ руб} \end{aligned}$$

9.3.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 25.

Таблица 25 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб	Примечание
1. Амортизационные отчисления	2411	Пункт 3.1
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	91103,5	Пункт 3.2
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	10932,4	Пункт 3.3
4. Отчисления во внебюджетные фонды	30610,8	Пункт 3.4
5. Услуги сторонних организаций	800	Пункт 3.5
6. Накладные расходы	21737,2	Пункт 3.6

Продолжение таблицы 25

Наименование статьи	Сумма, руб	Примечание
7. Бюджет затрат НТИ	157594,9 руб.	

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции [11].

9.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

9.4.1 Интегральный показатель ресурсоэффективности

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения проекта можно определить следующим образом [11]:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i,$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности; a_i – весовой коэффициент; b_i – балльная оценка разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Для проведения сравнительной оценки рассмотрим три варианта реализации автоматической системы регулирования, в каждой из которых используется разная схема регулирования частоты вращения ротора турбины:

- Регулирование частоты вращения изменением активного сопротивления в цепи ротора – исп. 1;
- Регулирование частоты вращения ротора изменением расхода пара – исп. 2;
- Регулирование частоты вращения ротора изменением частоты тока в статоре – исп. 3.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности проведен с помощью таблицы 10

Интегральный показатель ресурсоэффективности:

$$I_{p1} = 0,05 \cdot 3 + 0,2 \cdot 2 + 0,05 \cdot 3 + 0,2 \cdot 3 + 0,2 \cdot 2 + 0,1 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 = 2,9,$$

$$I_{p2} = 0,05 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 + 0,05 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 = 4,55,$$

$$I_{p3} = 0,05 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,05 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 = 4,2.$$

Показатель ресурсоэффективности для 2 варианта исполнения проекта равен 4,55 из 5, что говорит об эффективности использования ресурсов. Для 1 и 3 вариантов исполнения используется меньшее количество оборудования, но точность и качество регулирования таких систем выше, кроме того обслуживать их также проще.

Таблица 26 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп. 1	Исп. 2	Исп.3
1. Способствует росту производительности труда	0,05	3	5	4
2. Динамическая точность системы	0,2	2	4	4
3. Удобство в эксплуатации	0,05	3	4	4
4. Надежность	0,2	3	5	4
5. Качество регулирования	0,2	2	5	5
6. Простота наладки	0,1	4	5	4

Продолжение таблицы 26

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп. 1	Исп. 2	Исп.3
7. Срок эксплуатации	0,2	4	4	4
ИТОГО	1	2,9	4,55	4,2

Вывод по разделу

В ходе выполнения данного раздела была проведена оценка коммерческой ценности проекта.

В первой части проведена оценка коммерческого потенциала и перспективности проекта с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения. Определены потенциальные потребители данного проекта, проведен анализ конкурентных технических решений. С помощью SWOT-анализа выявлены сильные и слабые стороны проекта, а также возможности и угрозы.

Во второй части определена структура работ в рамках научного исследования и трудоемкость их выполнения, разработана диаграмма Ганта.

В третьей части определен и сформирован бюджет научно-технического исследования, выполнен расчет материальных затрат, затрат на оборудование, основной заработной платы исполнителей, дополнительной заработной платы исполнителей, отчислений во внебюджетные фонды и накладные расходы.

В четвертой части определен интегральный показатель ресурсоэффективности, по которому можно судить об экономии ресурсов для достижения поставленной цели.

Анализируя полученные результаты можно оценить, сколько финансовых средств и времени потребуется на реализацию данного проекта и о том насколько проект будет востребован на рынке.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа 5Б8В		ФИО Полищук Александр Александрович	
Школа	Инженерная школа энергетики	Отделение (НОЦ)	И.Н. Бутакова
Уровень образования	Бакалавриат	Направление / специальность	13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника / Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике и теплотехнике

Тема ВКР:

Автоматизированная система регулирования частоты вращения ротора турбины типа К-200-130-3 ЛМЗ Гусиноозерской ГРЭС	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
Введение – Характеристика объекта исследования и области его применения. – Описание рабочей зоны при эксплуатации	<i>Объект исследования:</i> Автоматизированная система регулирования частоты вращения ротора турбины типа К-200-130-3 ЛМЗ Гусиноозерской ГРЭС <i>Область применения:</i> Энергетика <i>Рабочая зона:</i> <u>производственное помещение</u> <i>Размеры помещения:</i> 26 – 24 – 11,8 м <i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</i> Подсистемы автоматического ограничения изменения основных режимных параметров турбины К-200-130-3: • ограничения снижения частоты (АОСЧ), • ограничения снижения напряжения (АОСН), • ограничения повышения частоты (АОПЧ), • ограничения повышения напряжения (АОПН). <i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</i> Автоматизированная система регулирования предназначена для поддержания частоты вращения ротора и точного регулирования электрической мощности в соответствии со статической характеристикой и заданием, получаемым от машиниста или от внешних систем управления;
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	РД 34.03.201-97 Правила техники безопасности при эксплуатации тепломеханического оборудования электростанций и тепловых сетей; ТК РФ Статья 351.6. Особенности регулирования труда работников в сфере электроэнергетики, сфере теплоснабжения, в области промышленной безопасности, области безопасности гидротехнических сооружений; Федеральный закон от 28 декабря 2013 г. N 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда»; Федеральный закон от 24 июля 1998 года N 125-ФЗ «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний».
2. Производственная безопасность при эксплуатации: – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов	Выявлены вредные факторы: 1. Повышенный уровень шума; 2. Повышенный уровень общей вибрации; Выявлены опасные факторы: 1. Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий; 2. Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой температурой материальных объектов

	производственной среды, могущих вызвать ожоги тканей организма человека; 3. Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов. Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов: тепловая изоляция трубопроводов, использование защитных костюмов, виброизолирующие рукавицы, перчатки, виброизолирующая обувь, беруши, наушники, защитные ограждения.
3. Экологическая безопасность при эксплуатации.	Воздействие на литосферу: непосредственно не оказывает негативного воздействия. Воздействие на гидросферу: система снабжения конденсатора турбины охлаждающей водой (водоем) на ТЭЦ. Воздействие на атмосферу: выход электрогенератора через трансформаторы в РУ (распределительное устройство) и в электрические сети.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации.	Возможные ЧС: Природные катастрофы (наводнение, цунами, ураган и т.д.); геологические воздействия (землетрясения, оползни, обвалы, провалы территории и т.д.); техногенные аварии (отказ системы безопасности, пожар). Наиболее типичная ЧС: пожар, взрыв.
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Мезенцева Ирина Леонидовна			15.02.2022

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б8В	Полищук Александр Александрович		15.02.2022

10. Социальная ответственность

Введение

В выпускной квалификационной работе была разработана автоматизированная система регулирования частоты вращения ротора турбины типа К-200-130-3 ЛМЗ, находящегося в эксплуатации на Гусиноозерской ГРЭС. Площадка Гусиноозерской ГРЭС находится в республике Бурятия в южной части Загустайской степи на северном берегу озера Гусиное, образованного юго-восточным склоном Хамбинского хребта, северо - западным склоном Моноотайского хребта и долиной Гусино - Убукунской впадины, в 4,0 км от г. Гусиноозерска, между речкой Загустай и железнодорожной магистралью Улан-Удэ – Наушки.

Система автоматизированного регулирования частоты вращения ротора турбины предназначена для автоматического поддержания частоты вращения ротора и точного регулирования электрической мощности в соответствии со статической характеристикой и заданием, получаемым от машиниста или от внешних систем управления.

Актуальность раздела обусловлена необходимостью обеспечения мер безопасности производственного персонала, в виду того, что отрасли промышленности всегда связаны с риском для жизни сотрудников.

Рабочим процессом является оперативное и техническое обслуживание котлотурбинного оборудования тепловых электростанций осуществляет оперативный персонал котлотурбинного цеха (КГЦ)..

Рабочая зона представляет собой помещение 26х24х11,8 метров, которое включает в себя следующие оборудование: питательные насосы марки ПЭ-320-220, циркулирующий насосный агрегат марки ОП2-87Л по 2 насоса на блок, воздуходувки типа ТВ-100-1,12, барабаны сепаратора, ступени экономайзеров.

Для проведения ремонтных работ турбинного отделения оборудовано двумя мостовым краном грузоподъемностью 20/40 тон, автокран

грузоподъемностью 16 тон. Ремонтная площадка расположена со стороны постоянного и временного торцов главного корпуса.

10.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

К категории опасных производственных объектов относится площадка главного корпуса ГРЭС, где и находится разработанная система.

III класса опасности - для опасных производственных объектов, осуществляющих теплоснабжение населения и социально значимых категорий потребителей, определяемых в соответствии с законодательством Российской Федерации в сфере теплоснабжения, а также иных опасных производственных объектов, на которых применяется оборудование, работающее под избыточным давлением 1,6 мегапаскаля и более (за исключением оборудования автозаправочных станций, предназначенных для заправки транспортных средств природным газом) или при температуре рабочей среды 250 градусов Цельсия и более [12].

По результатам специальной оценки условий труда рабочее место оператора может относиться к вредным условиям труда. Трудовой кодекс устанавливает несколько видов гарантий и компенсаций для работников, занятых на вредных и/или опасных работах:

- доплата за работу во вредных/опасных условиях – минимум 4% от тарифной ставки (оклада), действующей для работ с нормальными условиями труда;

- сокращенная продолжительность работы (рабочая неделя – не более 36 часов, рабочий день (смена) – максимум 8 часов при 36-часовой рабочей неделе, максимум 6 часов при 30-часовой рабочей неделе) для работников, занятых на работах с подклассом вредности 3.3 и 3.4 и на опасных работах;

- ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск сроком не меньше 7 календарных дней для работников, занятых на работах с подклассом вредности 3.2, 3.3 и 3.4 или на опасных работах;

- выдача молока и других равноценных пищевых продуктов либо лечебно-профилактического питания по установленным нормам;

- выдача специальной одежды, обуви, других средств индивидуальной защиты, а также смывающих и обезвреживающих средств [13].

Лица, принимаемые на работу по обслуживанию тепломеханического оборудования, должны пройти предварительный медицинский осмотр и в дальнейшем проходить его периодически в сроки, установленные для персонала энергопредприятий [14].

У лиц, обслуживающих оборудование основных цехов электростанций и тепловых сетей, и лиц, допущенных к выполнению специальных работ, должна быть сделана об этом запись в удостоверении о проверке знаний [14].

Весь персонал должен быть обеспечен по действующим нормам спецодеждой, спецобувью и индивидуальными средствами защиты в соответствии с характером выполняемых работ и обязан пользоваться ими во время работы [15].

Персонал должен работать в спецодежде, застегнутой на все пуговицы. На одежде не должно быть развешиваемых частей, которые могут быть захвачены движущимися (вращающимися) частями механизмов. Засучивать рукава спецодежды и подворачивать голенища сапог запрещается.

Персонал, обслуживающий оборудование в газоопасных местах, а также соприкасающийся с вредными веществами, должен знать:

- перечень газоопасных мест в цехе (районе);
- отравляющее действие вредных веществ и признаки отравления ими;
- правила производства работ и пребывания в газоопасных местах;
- правила пользования средствами защиты органов дыхания;
- пожароопасные вещества и способы их тушения;
- правила эвакуации лиц, пострадавших от вредных веществ, из газоопасных мест и способы оказания им доврачебной помощи.

Основные эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны оператора:

возможность осуществления всех необходимых движений и перемещений для эксплуатации и технического обслуживания оборудования;

– обеспечивать необходимые зрительные и звуковые связи между оператором и оборудованием;

– предусмотрены необходимые средства защиты человека-оператора от воздействия опасных и вредных факторов, а также условия для экстренного ухода человека-оператора с рабочего места;

– взаимное расположение пульта управления, кресла, органов управления и средств отображения информации должно производиться в соответствии с антропометрическими показателями, структурой деятельности, психофизиологическими и биомеханическими характеристиками человека-оператора.

10.2 Производственная безопасность при эксплуатации

Для проведения анализа вредных и опасных факторов при разработке, изготовлении и эксплуатации АСР составлена таблица 1 в соответствии с классификацией, указанной в [16].

Таблица 27 – Возможные опасные и вредные производственные факторы при эксплуатации АСР на рабочем месте

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
1. Превышенный уровень шума	ГОСТ 12.1.003 – 2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности [17].
2. Повышенный уровень общей вибрации	ГОСТ 12.1.012 – 2004 Система стандартов безопасности труда. Вибрационная безопасность. Общие требования [18].

Продолжение таблицы 27

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
3. Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий;	ГОСТ 12.1.038 – 82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжения прикосновения и токов [19].
4. Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги тканей организма человека;	ГОСТ Р 30331.4 – 95. Защита от тепловых воздействий [20].
5. Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов.	ГОСТ Р 56257 – 2014. Характеристика факторов внешнего природного воздействия. Общая классификация [21].

1) Повышенный уровень шума

В производственных условиях источниками шума являются работающие станки и механизмы, ручные механические инструменты и т.д. В условиях сильного шума возникает опасность снижения и потери слуха, которая во многом обусловленная индивидуальными особенностями человека.

Предельно допустимые уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах с учетом напряженности и тяжести трудовой деятельности представлены в таблице 28

Таблица 28 – Предельно допустимые уровни шума на рабочих местах для трудовой деятельности [22].

Категория напряженности трудового процесса	Категория тяжести трудового процесса
	легкая физическая нагрузка
Напряженность легкой степени	80

В общем случае по защите от шума на рабочих местах промышленных предприятий: рациональное с акустической точки зрения решение генерального плана промышленного объекта и рациональное объемно-

планировочное решение производственных зданий, ограждающих конструкций зданий с требуемой звукоизоляцией, звукопоглощающих конструкций (звукопоглощающих облицовок, кулис, штучных поглотителей), звукоизолирующих кожухов на шумных агрегатах.

2) Повышенный уровень общей вибрации

Такой вредный фактор как вибрация возникает в процессе эксплуатации турбинного оборудования. Источниками вибрации является вращающийся части турбины, подвижные элементы электродвигателей. Для помещения оператора турбинной, вибрация соответствует 3 категории типа «в» - технологическая вибрация, воздействующая на оператора на рабочих местах или передающейся на рабочие места, не имеющие источников вибрации [23]. Повышенная вибрация может оказывать влияние на увеличение кровяного давления, нарушения сна, обострения нервных и сердечно-сосудистых заболеваний. В операторной вибрация не превышает предельно допустимые величины нормируемых параметров вибрации рабочих мест при длительности вибрационного воздействия 8 ч, которые в пересчете на эквивалентные значения составляют:

- по виброускорению – $0,145 \text{ м/сек}^2$ (100 дБ);
- по виброскорости – $0,12 \text{ м/с}$ (75 дБ).

Средства индивидуальной защиты (СИЗ) от вибрации по месту контакта оператора с вибрирующим объектом подразделяют: перчатки, обувь, специальный одежда.

3) Поражения электрическим током

На любом рабочем месте существует опасность поражения электрическим током. При этом электрический ток производит термическое, электролитическое, биологическое воздействие на организм человека. Действие электрического тока приводит к местным электротравмам и электрическим ударам [24]. Напряжение прикосновения и токи, протекающие

через тело человека при нормальном режиме электроустановки, не должны превышать значений, указанных в таблице 29 [25].

Для обеспечения электробезопасности необходимо соблюдение все норм и правил эксплуатации электрического оборудования, таких как:

- использование защитного заземления и зануления;
- использование средств индивидуальной защиты;
- контроль изоляции проводов, а также технического состояния приборов;
- Соблюдение организационных мер обеспечения безопасности.

Таблица 29 – Значения напряжений прикосновений и токов [25]

Род тока	U, В	I, mA
	не более	
Переменный, 50 Гц	2,0	0,3
Переменный, 400 Гц	3,0	0,4
Постоянный	8,0	1,0

4) Механическое воздействия

Существует опасность получения травмы подвижными элементами модуля линейного перемещения.

Согласно ГОСТ Р 56257-2014, мерами предосторожности являются:

- при эксплуатации модуля необходимо соблюдать все общие правила техники безопасности работы с механизмами;
- запрещается эксплуатация модуля при обнаружении неисправностей в работе механических или электрических компонентов. Продолжать работу разрешается только после устранения причин неисправностей специалистами;
- при эксплуатации необходимо следить за чистотой всех механизмов модуля и двигателя, периодически очищать их от пыли и грязи. Обтирочные материалы, которыми очищается модуль, не должны оставлять следов и ворса на протираемых поверхностях.

Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов: использование защитных костюмов, виброизолирующие рукавицы, перчатки, виброизолирующая обувь, беруши, наушники.

10.3 Экологическая безопасность

Защита гидросферы

Основными факторами воздействия ТЭЦ на гидросферу являются охлаждения конденсаторов турбин и водоохладителей несут выбросы теплоты, следствием которых могут быть: постоянное локальное повышение температуры в водоеме; временное повышение температуры; изменение условий ледостава, зимнего гидрологического режима; изменение условий паводков; изменение распределения осадков, испарений, туманов. Наряду с нарушением климата тепловые выбросы приводят к зарастанию водоемов водорослями, нарушению кислородного баланса, что создает угрозу для жизни обитателей рек и озер.

Защита атмосферы

Выход электрогенератора через трансформаторы в РУ (распределустройство) и в электрические сети приводит к гибели птиц на линиях электропередач и в открытых распределительных устройствах подстанций. Каждый год очень большое количество птиц гибнет в результате поражения электрическим током. Для предотвращения гибели птиц на линиях электропередач на опорах устанавливают специальные устройства, которые препятствуют посадке на них птиц. На открытых распределительных устройствах подстанций особую опасность для птиц представляют высоковольтные выводы силовых трансформаторов, линейные вводы в закрытые распределительные устройства и другие элементы оборудования. В данном случае, для предотвращения гибели птиц устанавливаются сетчатые ограждения, кожухи на элементы оборудования, где наиболее часто происходит гибель птиц.

10.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайная ситуация — это обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которая может повлечь или повлекла за собой человеческие смерти, а также ущерб здоровью людей или окружающей среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

Возможные ЧС на объекте являются: взрыв и пожар. Короткое замыкание и взрыв могут привести к возникновению пожара на объекте.

Для предотвращения пожаров на объекте следует:

- проводить инструктаж с сотрудниками и проверять их знания по борьбе с пожаром;
- установить порядок регулярной проверки состояния пожарной безопасности предприятия, исправности технических средств тушения пожара, систем водоснабжения, оповещения, связи и других систем противопожарной защиты. Принимать необходимые меры к устранению обнаруженных недостатков, которые могут привести к пожару;
- создать пожарно-техническую комиссию и добровольные пожарные формирования [26].

Порядок действия в результате возникновения пожара:

- а) при возникновении пожара на объекте первый заметивший очаг пожара должен немедленно сообщить начальнику смены энергообъекта или руководству энергопредприятия, а при наличии связи - в пожарную охрану и приступить к тушению пожара имеющимися средствами пожаротушения;
- б) начальник смены энергообъекта обязан немедленно сообщить о пожаре в пожарную охрану, руководству энергопредприятия и диспетчеру энергосистемы;
- в) до прибытия подразделений ГПС МВД России руководителем тушения пожара является начальник смены энергообъекта;

г) отключение оборудования в зоне пожара производится дежурным персоналом энергопредприятия по распоряжению начальника смены энергообъекта;

д) после прибытия на место пожара первого подразделения ГПС МВД России руководителем тушения пожара является старший начальник этого подразделения;

е) решение о подаче огнетушащих средств принимается руководителем тушения пожара после проведения инструктажа и выполнения необходимых мер безопасности;

ж) руководитель тушения пожара имеет право приступить к тушению энергооборудования под напряжением только после получения письменного допуска на тушение от начальника смены энергообъекта.

Рассмотрим категорию помещения – Г, а именно турбинный цех. Необходимое количество огнетушителей определяется согласно суммарной площади помещения.

Классы возможных пожаров:

В – горение жидкостей и плавящихся материалов;

С – горение газов.

Таблица 30 – Нормы оснащения помещения огнетушителями

Класс пожара	Огнетушители			
	Пенные и водные огнетушители	Порошковые огнетушители	Хладоновые огнетушители	Углекислотные
В	2	-	-	-
С	-	4	-	-

Вывод по разделу

В разделе Социальная ответственность были рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности, производственная безопасность, экологическая безопасность, безопасность в чрезвычайных

ситуациях. Практическая значимость полученных результатов заключается в том, что, соблюдая определенные нормы и правила, возможно наладить стабильное производство, не подвергая опасности окружающую среду и людей.

Раздел направлен на обеспечение комфортных рабочих мест, соблюдение норм вредных воздействий как на окружающую среду, так и на производственный персонал, а также способы предупреждения возникновения чрезвычайных ситуаций и порядок действий при их возникновении.

Категория помещения по электробезопасности: помещение с повышенной опасностью.

Категория помещения по взрывопожарной и пожарной опасности: Г – умеренная пожароопасность.

Категория тяжести труда: легкая физическая нагрузка.

Оператор АСУ должен иметь III группу по электробезопасности. Допуск персонала с III группой подразделяется на работу с сетями до и выше 1000 В, а также дает право единоличного обслуживания, осмотра, подключения и отключения электроустановок от сети.

По воздействию на окружающую среду объект исследования относится ко 2 категории.

Заключение

В рамках настоящей выпускной квалификационной работы был создан комплект проектной документации на автоматизированную систему управления частоты вращения ротора турбины.

В процессе выполнения работы был произведен анализ объекта автоматизации, а также разработаны структурная, функциональная и монтажная схемы системы автоматизированного управления частоты вращения. Также были разработаны и оформлены электрическая схема соединений и чертеж общего вида щита управления, составлены заказная спецификация приборов и средств автоматизации, перечень элементов электрической схемы и составных частей щита управления

Данная работа содержит подробные расчеты оптимальных параметров настройки ПИ-регулятора и оптимальных прямых оценок качества.

Заключительным этапом выполнения работы стало написание разделов «Менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» и «Социальная ответственность».

Список использованных источников

1. 2021_Турбина_паровая_K-200-130-3_K-210-130-3 файл word 2016. С 1-113. Режим доступа: закрытый.
2. 2020_IE_EGSR_bloka_st_1_2_3_4_5_6 файл word 2016. С 1-115. Режим доступа: закрытый.
3. Клюев А.С., Глазков Б.В., Дубровский А.Х., Клюев А.А. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: справочное пособие. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 464 с.
4. ТЕХЭСПЕРТ. ГОСТ Р 58604-2019. Единая энергетическая система и изолированно работающие энергосистемы. Тепловые электрические станции. Автоматизированные системы управления технологическими процесса. Условия создания. Нормы и требования. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200169004> , свободный. – Загл. с экрана.
5. Siemens S7-300 Программируемый контроллер. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.siemens-pro.ru/> , свободный. – Загл. с экрана.
6. Каталог оборудования Siemens. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://simatic-market.ru/catalog/Siemens-CA01/10017499/info/> , свободный. – Загл. с экрана.
7. Андык В.С. Теория автоматического управления. Учебное пособие к практическим занятиям: - Томск: Изд. ТПУ, 2000. – 108с.
8. Ротач В.Я. Расчет настройки промышленных систем регулирования. - М.: ГЭИ, 1961. -344 с.
9. Методы расчета систем автоматического регулирования/Под ред. Волгина В.В. - 2-е изд.- М.: Изд. МЭИ, 1972. - 226 с.
10. Плетнев Г.П. Автоматическое управление и защита теплоэнергетических установок электрических станций. - М.: Энергоатомиздат, 1986. – 344 с.

11. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова, Н.В. Шаповалова, Л.Р. Тухватулина, З.В. Криницина. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.
12. КонсультантПлюс. Федеральный закон от 21.07.1997 N 116-ФЗ (ред. От 11.06.2021) «О промышленной безопасности опасных производственных объектов». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru/>, свободный. – Загл. с экрана.
13. КонсультантПлюс. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 25.02.2022) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2022) «Оплата труда работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru/>, свободный. – Загл. с экрана.
14. КонсультантПлюс.« Правила техники безопасности при эксплуатации тепломеханического оборудования электростанций и тепловых сетей. РД 34.03.201-97» (утв. Минтопэнерго России 03.04.1997) (по состоянию на 03.04.2000) (ред. от 22.02.2000) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.consultant.ru, свободный. – Загл. с экрана.
15. ТЕХЭКСПЕРТ. СТО 70238424.27.010.007-2009 Тепловые пункты тепловых сетей. Организация эксплуатации и технического обслуживания. Нормы и требования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200093627>, свободный. – Загл. с экрана.
16. ТЕХЭКСПЕРТ. ГОСТ 12.0.003-2015. Опасные и Вредные производственные факторы. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200136071>, свободный. – Загл. с экрана.
17. ТЕХЭСПЕРТ. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. ШУМ. Общие требования безопасности. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200118606>, свободный. – Загл. с экрана.

18. ТЕХЭКСПЕРТ. ГОСТ 12.1.012-2004 Система стандартов безопасности труда. Вибрационная безопасность. Общие требования. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200059881>, свободный. – Загл. с экрана.

19. ТЕХЭСПЕРТ. ГОСТ 12.1.038-82*. ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов. 98 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200003608>, свободный. – Загл. с экрана.

20. ТЕХЭСПЕРТ. ГОСТ 30331.4-95. Электроустановки зданий. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200001338>, свободный. – Загл. с экрана.

21. ТЕХЭСПЕРТ. ГОСТ Р 56257-2014. Характеристика факторов внешнего природного воздействия. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200118630>, свободный. – Загл. с экрана.

22. ТЕХЭСПЕРТ. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. ШУМ. Общие требования безопасности. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200118606>, свободный. – Загл. с экрана.

23. ТЕХЭКСПЕРТ. ГОСТ 12.1.012-2004 Система стандартов безопасности труда. Вибрационная безопасность. Общие требования. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200059881>, свободный. – Загл. с экрана.

24. ТЕХЭСПЕРТ. ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/5200272>, свободный. – Загл. с экрана.

25. Повышенный уровень электромагнитных излучений. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/5200313>, свободный. – Загл. с экрана.

26. ТЕХЭКСПЕР. На основании Федерального закона от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 30.04.2021) "Технический регламент о требованиях пожарной

безопасности". [Электронный ресурс]. – Режим доступа:
<https://docs.cntd.ru/document/902111644> , свободный. – Загл. с экрана.