

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

Институт ИМОЯК
Направление подготовки – Электроника и нанoeлектроника
Кафедра промышленной и медицинской электроники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы	
Генераторное устройство передвижного рентгеновского диагностического аппарата	

УДК - 621.386:621.313.2:616-07

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
151A20	Чжан Юйфэн		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Мутовин Ю.В.	К.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент, Кафедра менеджмента	Конотопский В.Ю.	К.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент, Кафедра экологии и БЖД	Кырмакова О.С.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ПМЭ	Ф.А. Губарев	к.ф.-м.н., доцент		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 75 страниц основного машинописного текста, 17 рисунков, 14 таблиц и 1 приложений.

Ключевые слова: рентгеновский аппарат, рентгенодиагностика, генераторное устройство, частотные рентгеновские аппараты, рентгеновская трубка.

Объектом исследования является генераторное устройство передвижного рентгенодиагностического аппарата.

Целью данной работы разработка главной цепи генераторного устройства передвижного рентгеновского аппарата с преобразованием напряжения на повышенной частоте. Выбор варианта структурного построения главной цепи частотного рентгеновского аппарата, который позволил бы наиболее эффективно реализовать возможности частотного преобразования по улучшению массогабаритных и радиационных характеристик аппаратов.

Областью применения разработанного устройства является рентгенодиагностика. Используется в передвижных рентгеновских аппаратах, предназначенных для работы в условиях палат и кабинетов медицинских учреждений.

Экономическая эффективность значимость работы: работа является конкурентоспособной и экономически выгодной, что подтверждено расчетами.

Планируемые результаты обучения ПО ООП

Код результата	Результат обучения
Профессиональные компетенции	
<i>P1</i>	Применять базовые и специальные естественнонаучные, математические, социально-экономические и профессиональные знания в комплексной инженерной деятельности при разработке, производстве, исследовании и эксплуатации
<i>P2</i>	Ставить и решать задачи комплексного инженерного анализа и синтеза с использованием базовых и специальных знаний, современных аналитических методов и моделей
<i>P3</i>	Выполнять комплексные инженерные проекты по разработке высокоэффективной биомедицинской и экологической техники с применением базовых и специальных знаний, современных методов проектирования для достижения оптимальных результатов, соответствующих техническому заданию с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений
<i>P4</i>	Проводить комплексные инженерные исследования, включая поиск необходимой информации, анализ и интерпретацию данных с применением базовых и специальных знаний и современных методов для достижения требуемых результатов
<i>P5</i>	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное высокотехнологичное оборудование в предметной сфере биотехнических систем и технологий, обеспечивать его высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда, выполнять требования по защите окружающей среды
Универсальные компетенции	
<i>P6</i>	Использовать базовые и специальные знания в области проектного менеджмента для ведения комплексной инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности
<i>P7</i>	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе, в том числе на иностранном языке, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности
<i>P8</i>	Демонстрировать личную ответственность, приверженность и готовность следовать профессиональной этике и нормам ведения комплексной инженерной деятельности
<i>P9</i>	Демонстрировать знание правовых, социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, компетентность в вопросах охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности
<i>P10</i>	Проявлять способность к самообучению

ЗАДАНИЕ
на выполнение ВКР
Студенту гр. 151A20 Чжан Юйфэн

1. Тема курсового проекта:

Генераторное устройство передвижного рентгеновского диагностического аппарата

2. Срок сдачи студентом готовой работы 14.06.16

3. Назначение и область применения разработки – Источник питания рентгеновской трубки малогабаритного аппарата для диагностических исследований в условиях палат и кабинетов медицинских учреждений.

4. Технические требования

Питающее напряжение: однофазная сеть 380В (+10%;-10%) частота 50Гц

Напряжение на рентгеновской трубке постоянное 40 - 125 кВ (допустимый уровень пульсаций анодного напряжения не более 10%)

Анодный ток трубки регулируется ступенями 25, 40, 60, 80 мА.

Время экспозиции от 10 мс до 6 сек.

Условия эксплуатации

-температура окружающего воздуха от -10 до +40град. С.

При относительной влажности не более 80%

-атмосферное давление не ниже 630 мм рт. Ст.

5. Содержание текстового документа

1) введение;

2) обзор литературы;

3) выбор и обоснование структурной и принципиальной схемы генераторного устройства;

4) расчёт принципиальной схемы силовой цепи;

5) заключение;

6) список литературы.

Руководитель

_____ **Мутовин Ю.В.**

(подпись, дата)

Задание принял к исполнению

_____ Чжан Юйфэн

ОГЛАВЛЕНИЕ

Реферат.....	2
Оглавление.....	5
Введение.....	7
1. Общие принципы построения питающих устройств рентгеновских трубок.....	8
2. Выбор и обоснование структурной схемы силовой части.....	12
3. Выбор принципиальной схемы силовой части.....	24
4. Расчёт силовой цепи генераторного устройства.....	33
4.1. Расчет высоковольтного выпрямителя.....	34
4.2. Расчет последовательного резонансного инвертора.....	38
4.3. Расчет сетевого трехфазного выпрямителя.....	41
5. Финансовый менеджмент, ресурс эффективность и ресурсосбережении.....	43
5.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурс эффективности и ресурсосбережения.....	45
5.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования.....	45
5.1.2. Технология QuaD.....	46
5.2. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований.....	47
5.3. Планирование научно-исследовательских работ.....	47
5.3.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	47
5.3.2. Определение трудоемкости выполнения работ.....	48
5.3.3. Разработка графика проведения научного исследования.....	50
5.4. Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	54
5.4.1. Расчет материальных затрат НТИ.....	54
5.4.2 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	55

5.4.3.Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	57
5.4.4. Накладные расходы.....	57
5.4.5. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.....	58
5.5.Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	58
6. Социальная ответственность.....	63
6.1. Техногенная безопасность.....	63
6.1.1Анализ вредных факторов производственной среды.....	63
6.1.2Анализ опасных факторов производственной среды.....	69
6.2. Региональная безопасность.....	71
6.3.Организационные мероприятия обеспечения безопасности.....	72
6.4. Особенности законодательного регулирования проектных решений.....	73
6.5. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	73
Заключение.....	75
Список использованной литературы.....	76
Приложение.....	78

ВВЕДЕНИЕ

Рентгеновский метод диагностики заболеваний очень широко используют в системе здравоохранения. Питающее устройство или генераторное устройство является одним из главных элементов рентгеновской аппаратуры, которое обеспечивает питание электрической энергией рентгеновской трубки, регулирование и стабилизацию радиационным выходом, а также выполняет целый ряд дополнительных функций. Схема и конструкция питающего устройства во многом определяет массогабаритные и радиационные характеристики рентгеновской аппаратуры.

Проблема снижения массы и габаритов питающих устройств особенно актуальна для передвижных рентгеновских диагностических аппаратов, предназначенных для работы в условиях палат и кабинетов медицинских учреждений, а также в полевых условиях.

1. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ПИТАЮЩИХ УСТРОЙСТВ РЕНТГЕНОВСКИХ ТРУБОК

Обобщенную структурную схему рентгеновского аппарата можно представить в виде двух основных блоков: рентгеновского питающего устройства и рентгеновской трубки (рис. 1.1). Рентгеновское питающее устройство служит для питания рентгеновской трубки электрической энергией и включает в себя: высоковольтный генератор[1], устройство регулирования анодного напряжения и тока, контрольно-измерительные приборы, системы защиты и сигнализации и, наконец, коммутирующие устройства.

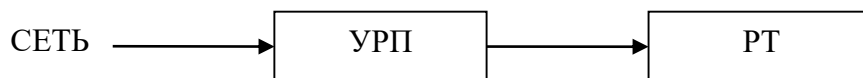


Рис. 1.1. Обобщенная структурная схема рентгеновского аппарата

Где, УРП – устройство рентгеновское питающее; РТ – рентгеновская трубка.

Одним из важнейших параметров, определяющих структуру построения УРП, влияющих на конструктивное исполнение аппарата, радиационные характеристики и условия работы трубки, является форма анодного напряжения. Поэтому достаточно полно основные особенности построения и эксплуатационные возможности аппаратов можно отразить, если за основу их классификации принять форму питающего трубку напряжения.

Все аппараты можно разделить по этому признаку на три основных группы:

- аппараты с питанием рентгеновской трубки синусоидальным напряжением;
- аппараты с питанием рентгеновской трубки постоянным

напряжением;

– аппараты с питанием рентгеновской трубки импульсным напряжением.

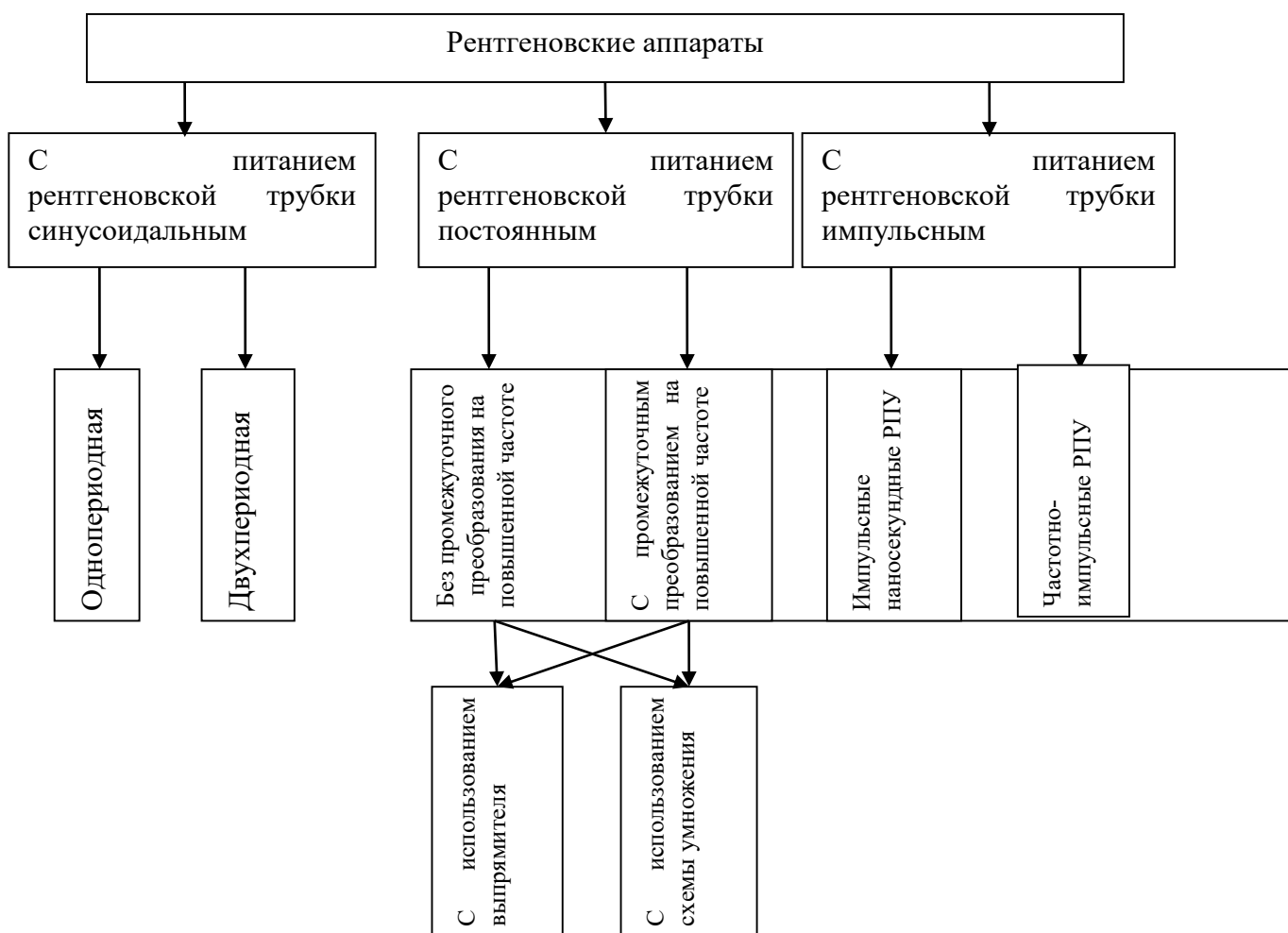


Рис. 1.2. Классификации рентгеновских аппаратов по форме питающего рентгеновскую трубку напряжения

В аппаратах с питанием рентгеновской трубки синусоидальным напряжением напряжение сети через регулирующий орган поступает на высоковольтный трансформатор, и затем высокое переменное напряжение поступает на рентгеновскую трубку. Регулирующий орган служит для регулирования величины анодного напряжения и представляет собой регулировочный автотрансформатор. Автотрансформатор выполняет также функцию коррекции колебаний

сетевого напряжения, компенсации падения напряжения при различных анодных токах и используется для питания вспомогательных цепей рентгеновского аппарата. Рентгеновские аппараты с таким построением питающего устройства получили название полуволновых аппаратов.

В полуволновых аппаратах выпрямление переменного напряжения осуществляется самой рентгеновской трубкой. В таких схемах при достаточно больших нагрузках падение напряжения в главной цепи приводит к заметному снижению максимума рабочей полуволны вторичного напряжения высоковольтного трансформатора. Вследствие чего рентгеновская трубка подвергается воздействию более высокого обратного напряжения. Поэтому значения предельно допустимых напряжений и мощности снижаются на 10 – 15% по сравнению с работой на пульсирующем напряжении.

Для облегчения условий работы трубки иногда используется однополупериодная схема выпрямления с вентилем во вторичной цепи. Включение вентилей последовательно с рентгеновской трубкой позволяет снять обратное напряжение в холостой полупериод и предотвратить появление обратного тока. В практических разработках встречаются и другие схемы выпрямления, обеспечивающие питание трубки пульсирующим напряжением. Главным образом, это мостовые схемы выпрямления, так как они обладают рядом известных преимуществ, т.е. отсутствие вынужденного намагничивания магнитопровода, пониженное обратное напряжение на вентилях, более низкая габаритная мощность трансформатора, [2]. Однако, для всех разновидностей таких схем питания характерно более низкая рентгеновская отдача трубки по сравнению с питанием трубки постоянным напряжением.

Рентгеновские аппараты с питанием трубки постоянным напряжением можно разделить на аппараты без промежуточного преобразования напряжения и, с промежуточным преобразованием на

повышенной частоте. Первая группа аппаратов, по сравнению с полуволновыми аппаратами имеет в главной цепи высоковольтный выпрямитель и сглаживающий фильтр, которые и обеспечивают питание трубки постоянным сглаженным напряжением. Во вторичную цепь высоковольтного трансформатора могут включаться также схемы удвоения и умножения напряжения, совмещающие в себе функции выпрямления, сглаживания и повышения напряжения.

В аппаратах с промежуточным преобразованием напряжения главная цепь включает в себя низковольтный выпрямитель, инвертор, высоковольтный трансформатор и высоковольтный выпрямитель или схему умножения напряжения. Инвертор осуществляет преобразование постоянного напряжения в переменное напряжение повышенной частоты. Повышение частоты позволяет уменьшить массу и габариты высоковольтного трансформатора, а значит и питающего устройства в целом.

Аппараты с импульсным питанием трубки делятся на аппараты наносекундного диапазона и микросекундного диапазона. В наносекундных аппаратах используются трубки с автоэлектронной эмиссией, а в микросекундных трубки с термоэлектронной эмиссией. Главная цепь питающего устройства таких аппаратов в обобщенном виде содержит низковольтный выпрямитель, формирователь импульсов высокого напряжения и рентгеновскую трубку. Наносекундные аппараты по сравнению с другими аппаратами обладают наилучшими массогабаритными показателями, но радиационные характеристики значительно хуже по сравнению с аппаратами, в которых используется трубка с термокатодом. Это нестабильность, пониженная рентгеновская отдача трубки и ограничение по допустимой средней мощности. Кроме того, ресурс работы импульсных трубок с холодным катодом существенно меньше по сравнению с трубками с терм катодом.

Максимальная рентгеновская отдача достигается при питании

трубки постоянным напряжением или импульсным напряжением прямоугольной формы. Импульсное напряжение близкой форме к прямоугольной форме может быть получено при построении рентгеновских аппаратов на основе частотно-импульсного способа формирования рентгеновского излучения с использованием трубок с термокатодом. В аппаратах данного типа длительность и частота следования импульсов являются не только внутренними параметрами системы преобразования напряжения, а также выступают как параметры управления радиационным выходом аппарата.

Все рентгеновские аппараты независимо от их конкретного применения могут быть двух типов. Это кабельные аппараты и аппараты моноблочной конструкции. В кабельных аппаратах высокое постоянное напряжение поступает на излучатель через высоковольтный кабель. В моноблочных аппаратах рентгеновская трубка и высоковольтное генераторное устройство располагаются в одном кожухе (моноблоке). Кабельные аппараты по сравнению с моноблочными аппаратами имеют более высокие массогабаритные показатели излучателя. В тоже время моноблочные аппараты отличаются более высокой компактностью всего аппарата. Важным их преимуществом является отсутствие громоздкого высоковольтного кабеля. Поэтому при построении портативных облегченных рентгеновских аппаратов предпочтение отдается моноблочной конструкции.

2. ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ СИЛОВОЙ ЧАСТИ

Основное требование к современным передвижным рентгенодиагностическим аппаратам – это малые масса и габариты. Немаловажным является также надежность и простота управления аппаратом.

Особенность рентгенодиагностических аппаратов - это снимки с короткими выдержками при повышенной мощности - влечет за собой следующие обстоятельства:

1. Это выдвигает на первое место расчет питающего устройства по падению напряжения на элементах главной цепи и сопротивления сети.

2. Выдержка снимка столь мала, что желаемый режим (напряжения, ток) устанавливается перед снимком и регулировка во время снимка не производится.

Поэтому в питающих устройствах современных рентгенодиагностических аппаратов обычно имеются устройства для предварительной установки режима, имеющие либо предварительно показывающие приборы, либо градуированные шкалы, позволяющие задавать электрические данные до включения высокого напряжения с учетом ожидаемого падения напряжения на элементах главной цепи.

Из-за коротких выдержек коррекция напряжения сети не может производиться во время снимков, поэтому устройство для предварительной установки напряжения должно учитывать ожидаемое падение напряжения не только в питающем устройстве, но и в электрической сети. Поскольку падение напряжения в сети может быть различным (в зависимости от сопротивления сети), в питающем устройстве должна предусматриваться подгонка к сопротивлению сети с тем, чтобы градуировка по напряжению сохранялась правильной независимо от величины падения напряжения в сети.

При коротких выдержках допустимая мощность трубки возрастает по сравнению с длительной работой и становится зависимой, с одной стороны, от длительности выдержки, а с другой (при прицельных и серийных снимках) - от предшествовавшей нагрузки и длительности

перегрева. Чтобы уменьшить возможность перегрузки, следует предусматривать защиту хотя бы в пределах одиночных снимков.

Основной особенностью, определяющей специфику РПУ рентгенодиагностического аппарата, является наличие двух режимов работы: просвечивания и снимков (повторно-кратковременный и кратковременный режим). Просвечивание требует длительного включения - до нескольких минут при небольшой мощности трубки (250-500 Вт). При снимках производится кратковременное включение трубки при значительной мощности, которая достигает в современных стационарных аппаратах 150 кВт.

Кратковременность режима снимков предъявляет ряд специальных требований к расчету РПУ и требует введение в схему РПУ целого ряда специфических устройств, такие как система коммутации, система компенсации падения напряжения, защита трубки от перегрева и др.

Кратковременное включение РПУ в режиме снимков выдвигает на первый план расчет его главной цепи не по тепловым требованиям, как этого требуют аппараты первой группы, рассчитываемые на длительное включение, а на заданное падение напряжения на отдельных элементах главной цепи.

Кратковременность включения при снимках затрудняет регулирование радиационных и электрических параметров в момент снимка. В связи с этим возникает необходимость устанавливать параметры снимка заранее, учитывая ожидаемое падение напряжения до включения нагрузки, и компенсировать это падение напряжения соответствующими техническими средствами. Отсюда же вытекают жесткие требования и к системам коммутации. Так же немаловажным вопросом является форма питающего напряжения, подаваемого на трубку, так как от него зависят рентгеновская отдача.

Одним из основных недостатков питания трубки переменным синусоидальным напряжением, является пониженная рентгеновская отдача

трубки и соответственно более низкая эффективность ее использования по рентгеновскому излучению.

Питание трубки постоянным напряжением позволяет значительно повысить интенсивность излучения за объектом контроля и тем самым расширить диапазон толщин возможных для просвечивания. Следовательно, постоянное напряжение, как в отношении качества, так и в отношении количества (интенсивности) возникающего излучения, выгоднее, чем пульсирующее. При питании трубки импульсным напряжением, следует считать идеальным чисто прямоугольный импульс анодного напряжения. В этом случае достигается максимальная рентгеновская отдача трубки, и такое питание полностью соответствует постоянному напряжению.

Однако, из-за влияния различных паразитных параметров, обеспечение такой формы напряжения приводит к искажению формы импульса. Поэтому, типичная форма анодного напряжения в частотно-импульсных аппаратах имеет вид ближе к трапеции.

Однако, как показывает опыт разработки, таких рентгеновских аппаратов, рентгеновская отдача трубки в них существенно выше, чем в полуволновых аппаратах.

Простейшей схемой питающего устройства аппарата является безвентильная схема. Она нашла применение при производстве портативных рентгеновских аппаратах. Традиционная структурная схема главной цепи РПУ, такого аппарата представлена на рис. 2. 1.

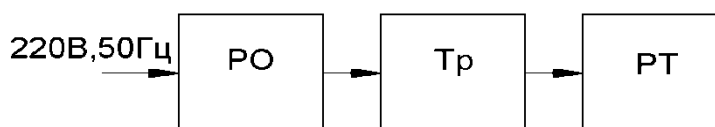


Рис. 2.1. Структурная схема питающего устройства полуволнового рентгеновского аппарата

В этой схеме рентгеновская трубка присоединяется прямо к

выводам вторичной обмотки главного трансформатора и находится под переменным напряжением. В течение одного полупериода (рабочего) анод по отношению к катоду имеет положительный потенциал и через трубку под действием анодного напряжения проходит анодный ток. В течение другого полу периода (холостого) анод имеет по отношению к катоду отрицательный потенциал, т. е. к трубке приложено обратное напряжение: под действием обратного напряжения ток через трубку не проходит и аппарат работает как бы в холостую. Таким образом, в без вентильной схеме функции выпрямления несет сама рентгеновская трубка.

В таких схемах питания используется моноблочная конструкция излучателя. Моноблоки применяются преимущественно там, где требуется удалить излучатель от пульта управления на большое расстояние (до 30 метров и более) и получить большую маневренность излучателя . Основное требование к таким аппаратам - минимальные габариты и масса. Аппараты моноблочной конструкции состоят из двух блоков:

- 1) переносного пульта управления, содержащего систему регулирования напряжения и тока рентгеновской трубки, приборы управления и контроля;

- 2) переносного моноблока, в котором размещаются рентгеновская трубка, высоковольтный и накальный трансформатор.

Одним из основных недостатков такого аппарата является пониженная рентгеновская отдача трубки и соответственно низкая эффективность её использования по рентгеновскому излучению, а также тяжелые условия работы трубки, так как в холостой полупериод к трубке прикладывается высокое напряжение.

Существуют различные модификации схем выпрямления применяемых в зависимости от конкретных технических требований, предъявляемых к аппаратуре.

Схемы выпрямления, используемые для кратковременной работы, подразделяются на следующие типы:

1. Однополупериодные, вентильные схемы,
2. Двухполупериодные с однофазной мостовой схемой выпрямления;
3. Шестифазные с питанием от трехфазной питающей сети по трех фазной мостовой схеме выпрямления (схема Ларионова)
4. Двенадцатифазные с питанием от трехфазной питающей сети двух последовательно включенных трехфазных мостовых схем выпрямления, между которыми соответствующим включением обмоток высоковольтного трансформатора обеспечивается сдвиг напряжения половин схем относительно друг друга на 30 градусов.

Структурная схема главной цепи рентгеновского аппарата с питанием трубки постоянным напряжением приведена на рис. 2.1.

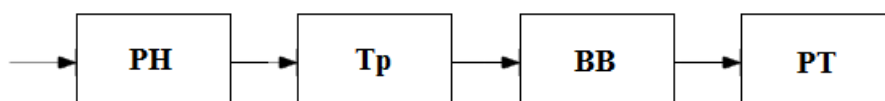


Рис. 2.1. Структурная схема питающего устройства

где:

РН – регулятор напряжения,
Тр – трансформатор,
ВВ – высоковольтный выпрямитель,
РТ – рентгеновская трубка.

Главная цепь является основным элементом РПУ и представляет собой схему регулирования, трансформации и выпрямления высокого напряжения для питания рентгеновской трубки.

Главная цепь РПУ (рис.2.1) состоит из средств регулирования напряжения нагрузки (регулируемый автотрансформатор), повышающего трансформатора, иногда

называемого главным трансформатором (Тр.), высоковольтного выпрямителя (ВВ), обеспечивающих питание рентгеновской трубки РТ постоянным напряжением.

При построении импульсных рентгенодиагностических аппаратов с улучшенными массогабаритными показателями одними из первых были конденсаторные (рис. 2.2).

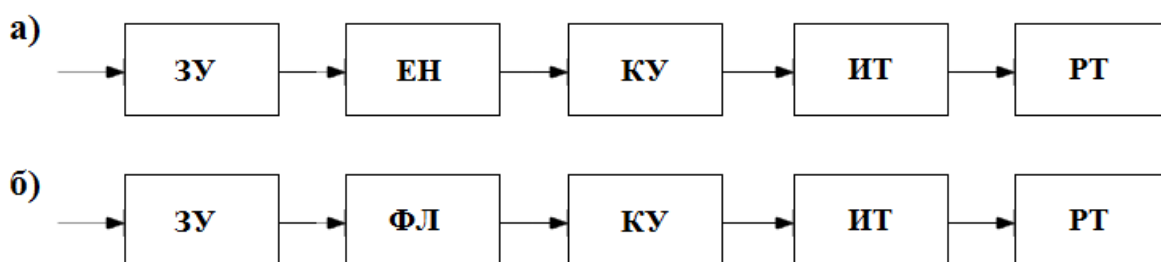


Рис. 2.2. Структурные схемы конденсаторных рентгеновских аппаратов

где:

ЗУ – зарядное устройство,

ЕН – емкостной накопитель,

КУ – коммутирующее устройство,

ИТ – импульсный трансформатор,

РТ – рентгеновская трубка,

ФЛ – формирующая линия.

Принцип конденсаторного аппарата заключается в том, что в конденсаторе накапливается электрическая энергия в течение относительно продолжительного времени и затем конденсатор разряжается на трубку большим током в течение очень короткого промежутка времени. Достоинством такого питания является возможность получения сравнительно мощных рентгеновских импульсов при использовании источника электрической энергии небольшой мощности, поскольку зарядка конденсатора может производиться в течение времени, во много раз превышающего время разрядки. При надлежащем подборе ёмкости конденсаторов удаётся

получить кратковременные (около 0,01 с.) разряды мощностью до 100 кВт от трансформатора, мощность которого не превосходит 1кВт. Вследствие формирования коротких импульсов наносекундной длительности, масса и объем изоляционных и электромагнитных материалов в таких аппаратах резко снижается. Это в совокупности с радиационным выбором схемы и конструкции, позволяет создавать моноблоки и аппараты в целом исключительно малых размеров и массы.

В тоже время для импульсных наносекундных аппаратов характерны недостатки, связанные с тем, что трубки имеют большую мгновенную мощность, а длительность импульса очень мала (8 – 250нс). Вследствие кратковременного воздействия, излучение экспозиционной дозы за один импульс относительно мала (единицы миллирентген), а частота следования импульсов не превышает 50 Гц. Поэтому средняя мощность экспозиционной дозы сравнительно мала. Также аппаратам такого типа характерно наличие большого времени, в течение которого происходила зарядка емкостной батареи.

Кроме того, в данных аппаратах отсутствует регулировка напряжения, что лишает возможность подбирать оптимальную жесткость излучения в зависимости от материала и толщины изделия. Вследствие указанных причин импульсные наносекундные аппараты по своим дефектоскопическим характеристикам значительно уступают аппаратам, построенным с термокатодом.

Дальнейшее развитие импульсных рентгеновских аппаратов привело к появлению схем питания импульсным напряжением микросекундного и наносекундного диапазона.

Практическое применение эта техника нашла, прежде всего, при исследовании быстро протекающих процессов: рентгенография движущихся механизмов, процессов разрушения. В дальнейшем микро- и наносекундная техника стала, применяться в рентгенодиагностике и рентгенодефектоскопии.

Для снижения выдержек до микро- и наносекунд необходимо получать импульсы тока порядка сотен и тысяч ампер. Это требует специальных рентгеновских трубок. При напряжении 100-150кВ. мгновенная мощность достигает тысяч киловатт. При первых попытках получить большие импульсы тока применялись импульсные трубки с разрядом в парах ртути или трубки с увеличенной термоэлектронной эмиссией накаливаемого катода. В настоящее время используются, как правило, рентгеновские трубки с электростатической эмиссией. В отечественной импульсной аппаратуре обычно используются двухэлектродные трубки. Катод представляет собой цилиндр (или просто шайбу) с острым краем, анод - вольфрамовую иглу. При разрядке конденсатора, когда между катодом и анодом оказывается приложенным полное напряжение, из острого края под действием электрического поля начинают вырываться электроны. Так как структура этого края (его, так сказать, «острота») неоднородна по всей окружности, то разряд происходит между какой-то одной точкой и анодной иглой. Разряд носит характер пробоя в вакууме. Анодная игла при бомбардировке ее электронами дает рентгеновское излучение с максимумом, направленным по оси трубки.

Трех электродные трубки отличаются тем, что в них имеется дополнительный «поджигающий» электрод. Вначале между катодом и этим и этим электродом прилагается пониженное напряжение поджигающий импульс, который затем переходит в разряд между катодом и анодом. Недостатки импульсных наносекундных рентгеновских трубок это меньшая рентгеновская отдача и низкий ресурс работы.

При конструировании современных передвижных, переносных и разборных рентгенодиагностических аппаратов развивается еще одно направление. Это преобразование напряжения на повышенной частоте. В основу построения новых разработок

рентгенодиагностических аппаратов положен принцип инвертирование выпрямленного сетевого напряжения в переменное напряжение повышенной частоты.

Преобразование напряжение в них осуществляется на базе ключевых полупроводниковых приборов, так как схемы на их основе обладают наилучшими массогабаритными показателями. Такой принцип построения главной цепи позволяет осуществить регулирование и стабилизацию выходного напряжения без дополнительных сетевых автотрансформаторов и исключает необходимость электромеханических систем управления. Регулировка осуществляется с помощью ШИМ (широтно–импульсная модуляция), ЧИМ (частотно – импульсная модуляция) или их совокупности. Кроме того, имеется возможность формирования напряжения повышенной частоты, по форме близкой к прямоугольной, что существенно улучшает рентгеновскую отдачу. Рассмотрим различные варианты построения главной цепи рентгеновский аппаратов.

1. РПУ с промежуточным инвертированием.

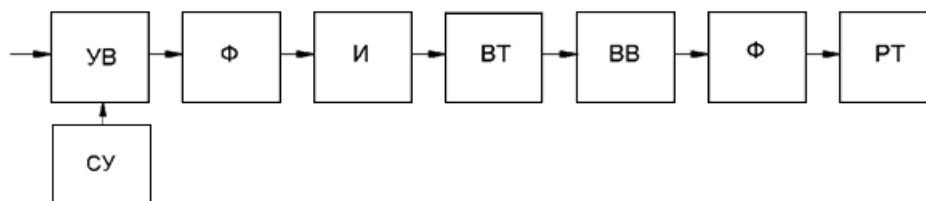


Рис. 2.3. Структурная схема питающего устройства с регулированием напряжения управляемым выпрямителем

где:

УВ – управляемый выпрямитель;

СУ – система управления;

Ф – фильтр;

И – инвертор;

ВТ – высоковольтный трансформатор;

ВВ – высоковольтный выпрямитель;

РТ – рентгеновская трубка.

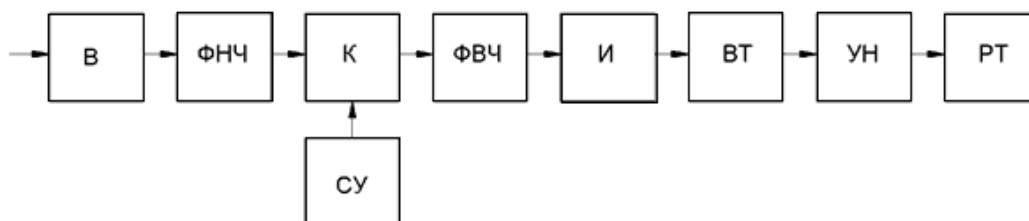


Рис. 2.4. Структурная схема с регулированием напряжения ключевым преобразователем постоянного напряжения с применением схемы умножения напряжения

где:

ФНЧ, ФВЧ – низкочастотный и высокочастотный фильтры соответственно;

К – ключ (управляемый);

СУ – система управления;

УН – умножитель напряжения.

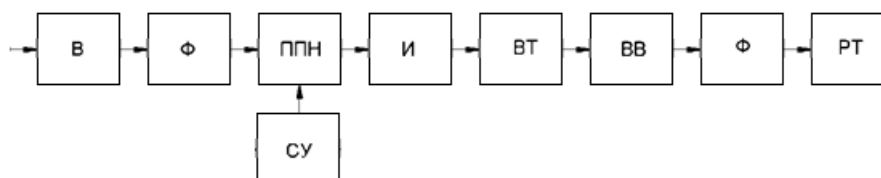


Рис. 2.5. Структурная схема с регулированием напряжения ключевым преобразователем постоянного напряжения с применением схемы высоковольтного выпрямителя

где:

ППН – преобразователь постоянного напряжения,

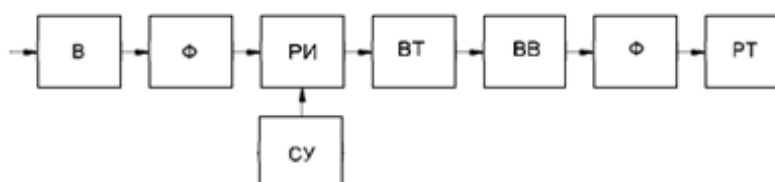


Рис. 2.6. Структурная схема с регулированием напряжения на трубке с помощью последовательного резонансного инвертора

где:

РИ – резонансный инвертор.

На схеме рис. 2.4 и рис. 2.5 регулирование и стабилизация анодного напряжения производится с помощью ключевого преобразователя постоянного напряжения, за счет широтно-импульсной модуляции. Применение такой схемы позволяет существенно улучшить массогабаритные показатели моноблочных аппаратов. Однако, обеспечение высокой рентгеновской отдачи трубки и создание менее тяжёлых режимов работы ключевых элементов при работе на высоких частотах, потребовало введение в главную цепь аппарата дополнительных устройств, выполняющих функции выпрямления, сглаживания и повышения напряжения. Это усложняет схему и конструкцию моноблока и, соответственно, снижает его надёжность.

На схеме рис.2.3 регулирование осуществляется с помощью управляемого выпрямителя. Недостатками данной схемы является низкий коэффициент мощности и громоздкий сглаживающий фильтр.

Достоинством схемы изображенной на рис. 2.6 является отсутствие управляемого выпрямителя и, следовательно, меньше масса сглаживающего фильтра и выше коэффициент мощности. Регулирование здесь осуществляется резонансным инвертором. В качестве достоинства резонансных инверторов следует отметить мягкость внешней характеристики в зависимости от сопротивления нагрузки, что позволяет обеспечить параллельную работу источников без дополнительных схем выравнивания тока, возможность получить минимальные коммутационные потери в диодах выпрямителя и транзисторах инвертора. Также они позволяют существенно повысить частоту преобразования, улучшить массогабаритные показатели и снизить

уровень электромагнитных и электростатических помех.

На основании проведенного анализа различных построений питающих устройств была выбрана структурная схема на основе последовательного резонансного инвертора, представленная на рис. 2.6.

3. ВЫБОР ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ СИЛОВОЙ ЧАСТИ

Резонансные преобразователи преобразуют энергию входного источника постоянного напряжения в энергию переменного или постоянного тока. Управление выходной мощностью в нагрузке производится изменением частоты работы ключевых элементов силовой части.

Основу резонансных преобразователей представляет резонансный контур, на который поступает симметричное прямоугольное импульсное напряжение или ток, который формируются ключами. Импульсное напряжение содержит спектр нечетных гармоник, начиная с первой основной. Резонансный L-C – контур настраивается в резонанс с первой гармоникой. Образованный L-C – резонансный фильтр отфильтровывает высшие гармоники напряжения и тока, причем тем лучше, чем выше добротность контура.

Ключевые элементы резонансного преобразователя должны иметь возможность проводить ток в обоих направлениях, так как резонансная цепь может носить либо емкостной, либо индуктивный характер на всех частотах кроме резонансной. Важной особенностью резонансных преобразователей является существенное снижение потерь мощности на включение или выключения ключевых элементов. Это связано с тем, что либо ток, либо напряжение на ключе за время переключения близки к нулевому значению. Поэтому резонансные преобразователи могут работать на значительно более высоких частотах, чем другие типы преобразователей.

На рис. 3.1 представлены варианты построения преобразователей с последовательным подключением нагрузки к резонансному контуру.

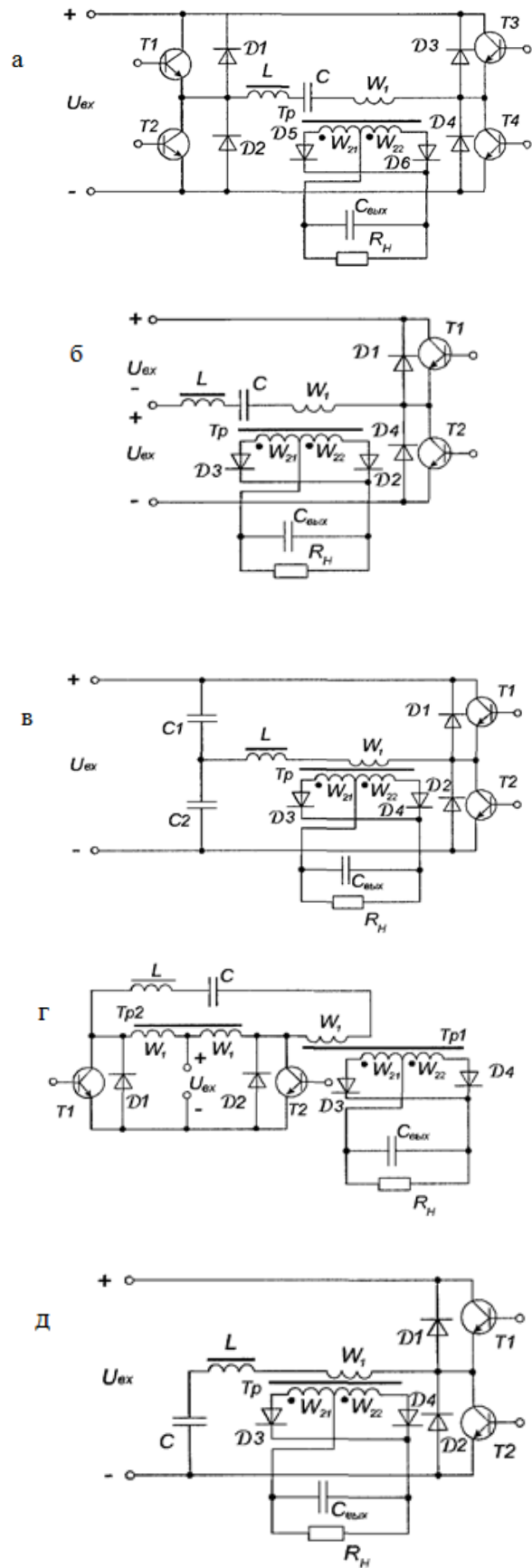


Рис. 3.1. Резонансные преобразователи с последовательным подключением нагрузки

Изменение частоты переключения транзисторов в данных схемах позволяет управлять выходной мощностью преобразователя. При выходной частоте инвертора меньшей резонансной частоты сопротивление последовательного L-C – контура является емкостным. В этом случае транзисторы могут включаться при максимальном напряжении входного источника и ненулевом токе. Выключение транзисторов происходит при нулевом токе и потери на выключение отсутствуют.

При выходной частоте инвертора большей резонансной частоты сопротивление последовательного L-C – контура является индуктивным. В этом случае практически отсутствуют потери на включение транзистора.

Последовательный резонансный инвертор можно представить в виде схемы замещения показанной на рис. 3.2, где источник прямоугольного импульсного напряжения заменяет ключевые элементы и источник постоянного напряжения.

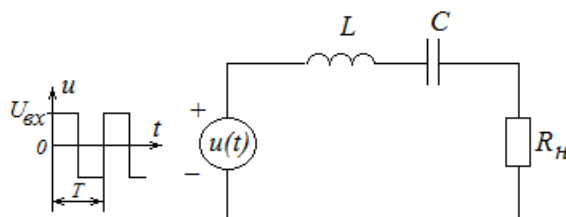


Рис. 3.2. Схема замещения последовательного резонансного инвертора

При резонансе собственная круговая частота L - C – контура ($\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$) равна круговой частоте ($\omega = \frac{2\pi}{T}$) входного импульсного напряжения. Ток в контуре близок к синусоидальной форме при высокой его добротности. Максимальное значение тока при этом определяется амплитудой первой гармоники напряжения ($U_{m(1)} = \frac{4U_{сх}}{\pi}$) и активным сопротивлением нагрузки (R_n).

При частоте переключения ключей отличной от резонансной частоты комплексное сопротивление последовательного L-C – контура можно

представить в следующем виде:

$$Z(j\omega) = j\omega L + \frac{1}{j\omega C} = \frac{1 - \mu^2}{j\omega C} = j\omega L \frac{\mu^2 - 1}{\mu^2}, \quad (3.1)$$

$$\text{где } \mu = \frac{\omega}{\omega_0}.$$

Из соотношения (3.1) следует, что при $\omega < \omega_0$ сопротивление последовательного L - C – контура является емкостным, а при $\omega > \omega_0$ – индуктивным.

Эквивалентные емкость и индуктивность, соответствующие двум частотным диапазонам работы преобразователя:

$$C_s = C / (1 - \mu^2) \text{ при } \mu \leq 1; \quad (3.2)$$

$$L_s = L \cdot (\mu^2 - 1) / \mu^2 \text{ при } \mu \geq 1.$$

При не сильном удалении круговой частоты преобразователя ω от резонансной ω_0 , кривая тока контура будет определяться первой гармоникой напряжения $u(t)$ и содержание высших гармоник в токе будет незначительным. Тогда при $\omega < \omega_0$ для тока контура можно записать уравнение:

$$i = I_{(1)} \sin(\omega t + \varphi), \quad (3.3)$$

$$I_{(1)} = \frac{4U_{\text{ex}}}{\pi R_H} \cdot \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{(\mu R_H \omega_0 C_s)^2} + 1}}, \quad (3.4)$$

$$\varphi = \arctg\left(\frac{1}{\mu R_H \omega C_s}\right). \quad (3.5)$$

При значении $\mu = 1$, как следует из выражений (3.2) и (3.4), амплитуда тока достигает максимальной величины:

$$I_{(1)m} = \frac{4U_{\text{ex}}}{\pi R_H}. \quad (3.6)$$

При уменьшении μ величина тока в контуре снижается.

Когда частота коммутации больше резонансной частоты ($\omega > \omega_0$):

$$i = I_{(1)} \sin(\omega t - \varphi), \quad (3.7)$$

$$I_{(1)} = \frac{4U_{\text{эс}}}{\pi R_H} \cdot \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{\mu \omega_0 L_0}{R_H}\right)^2 + 1}}, \quad (3.8)$$

$$\varphi = \arctg\left(\frac{\omega L_0}{R_H}\right). \quad (3.9)$$

И в этом случае при резонансе ток в контуре равен максимальному значению, а его амплитуда снижается при возрастании μ .

Приведенные выше соотношения показывают возможность управления выходным током при изменении частоты коммутации, т.е. при изменении параметра μ . Величина тока в контуре при неизменном значении μ , а значит и напряжения на нагрузки зависит еще от добротности контура:

$$Q = \frac{1}{(\omega_0 R_H C)} = \frac{\omega_0 L}{R_H}. \quad (3.10)$$

Чем выше добротность контура, тем меньше требуется кратность изменения частоты коммутации по отношению к резонансной частоте.

На рис. 3.3 показаны кривые относительного напряжения на нагрузке в зависимости от параметра μ .

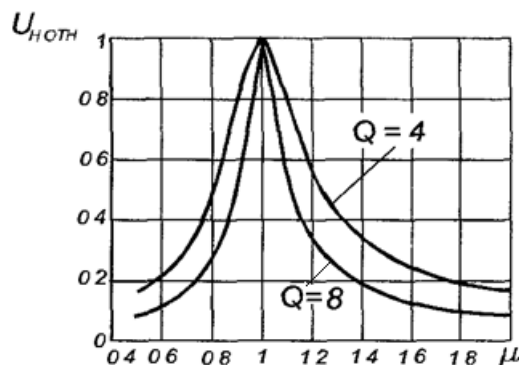


Рис.3.3. Кривые изменения относительного напряжения на нагрузке в зависимости от параметра μ

Под относительным напряжением на нагрузке понимается отношение:

$$U_{H.OTH} = \frac{U_{H1}}{4U_{\text{ex}}/\pi},$$

где $U_{H1} = I_1 R_H$ – амплитуда первой гармоники напряжения на нагрузке.

Увеличение добротности контура, приводит к сокращению требуемого диапазона изменения частоты при регулировании напряжения на нагрузке в заданных пределах. Следует отметить также, что рост добротности контура приводит к увеличению размеров дросселя и конденсатора контура.

Исходя из выше изложенного, с учетом требований технического задания было выбрано схемное построение генераторного устройства, представленное на рис. 3.4.

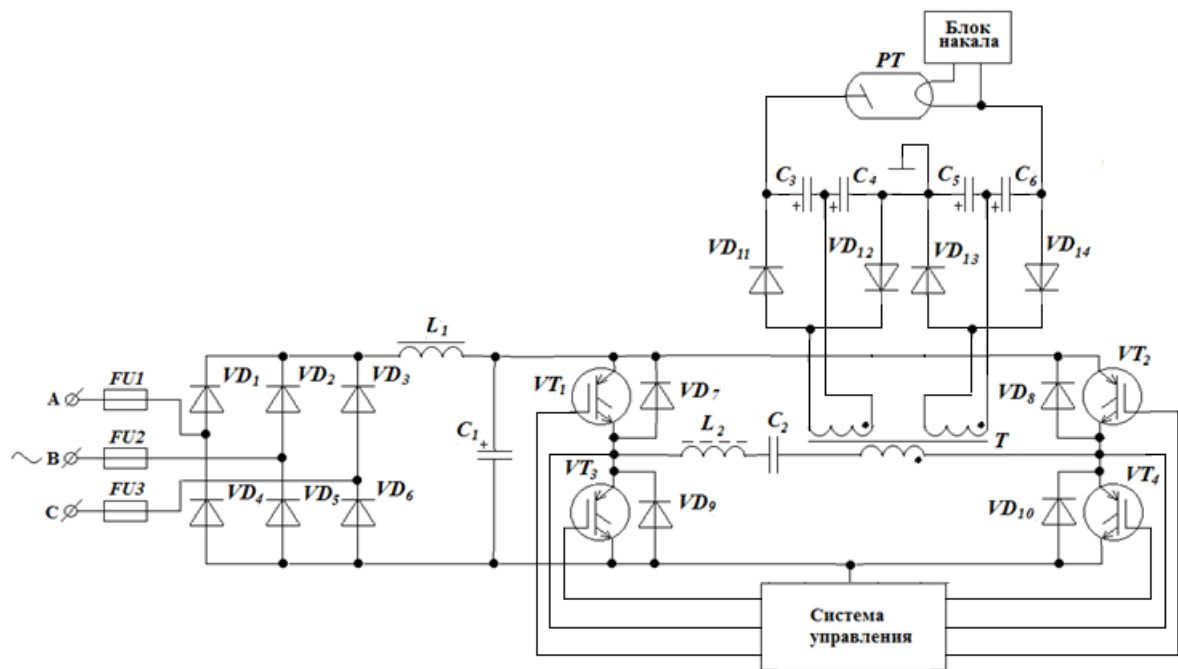


Рис. 3.4 Принципиальная схема силовой цепи генераторного устройства на основе последовательного резонансного инвертора

На вход схемы (рис. 3.4) подается переменное напряжение от трехфазной сети 50/60 Гц. Это напряжение через предохранители (FU)

поступает на трехфазную мостовую схему выпрямления, на выходе которой пульсации выпрямленного напряжения сглаживаются $L1-C1$ -фильтром и постоянное напряжение (U_{II}) подводится для питания мостовой схемы последовательного резонансного инвертора.

В качестве ключевых элементов диагоналей моста в данной схеме инвертора используются транзисторы $VT1, VT2, VT3, VT4$. Последовательная резонансная цепь, состоящая из емкости $C2$ и индуктивности $L2$, включена в середину моста. Собственная частота колебательного контура определяется согласно выражению:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC}}.$$

Инвертор может работать в двух режимах: прерывистого тока и непрерывного тока протекающего через первичную обмотку высоковольтного трансформатора.

На рис. 3.5 представлены временные диаграммы, иллюстрирующие процессы в схеме инвертора в режиме прерывистого тока.

Особенность процессов, протекающих в схеме (рис. 3.4), заключается в том, что каждый такт отпираания накрест расположенных транзисторов сопровождается формированием двух полувольт кривой тока через первичную обмотку высоковольтного трансформатора. Первая полуволна обуславливается колебательным характером процесса перезаряда конденсатора (C_2) от источника питания через открытые транзисторы, а вторая – процессом обратного перезаряда конденсатора через шунтирующие их обратные диоды.

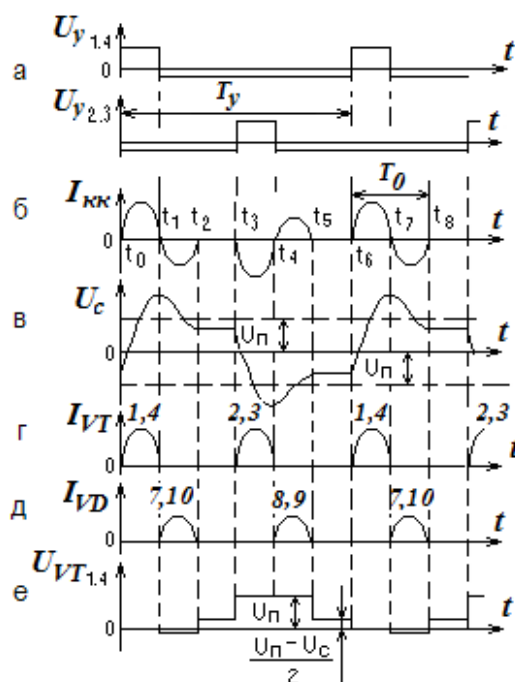


Рис.3.5 Временные диаграммы, иллюстрирующие процессы в мостовой схеме инвертора в режиме прерывистого тока

С отпиранием тиристоров $VT1, VT4$ в момент времени t_0 (рис. 3.5), создается контур колебательного перезаряда конденсатора (C_2) в цепи с источником питания постоянного напряжения. Ток протекает от плюса источника питания к минусу через транзистор $VT1$, емкость (C_2), индуктивность (L_2) и тиристор $VT4$, т.е. на интервале времени $t_0 - t_1$ формируется первая полуволна тока колебательного контура (I_k) (рис. 3.5, б). К моменту времени t_1 ток в контуре и соответственно и ток через транзисторы $VT1, VT4$ (рис. 3.5, г) уменьшается до нуля, а напряжение на конденсаторе достигает максимального значения превышающего напряжения питания.

С момента времени t_1 наступает второй полупериод колебательного процесса перезаряда конденсатора по цепи с диодами $VD7, VD10$.

Транзисторы в этот полупериод $VT1, VT4$ не пропускают ток, ним прикладывается напряжение, равное падению напряжения на открытых

диодах $VD7, VD10$.

К моменту времени t_2 ток в контуре уменьшается до нуля, а напряжение на конденсаторе снижается до уровня $U_c < U_{\pi}$ (рис.3.5, в) и диоды $VD7, VD10$ запираются, так как к ним прикладывается обратное напряжение.

Напряжение на конденсаторе остается неизменным до отпирания очередной пары транзисторов. На интервале $t_2 - t_3$ ток в контуре равен нулю (рис. 3.5, б) и к транзисторам $VT1, VT4$ прикладывается напряжение в прямом направлении, равное полуразности напряжений источника питания и конденсатора (рис. 3.5, е).

В момент времени t_3 отпираются транзисторы $VT2, VT3$ и происходят аналогичные процессы перезаряда конденсатора. На интервале времени $t_3 - t_4$ происходит перезаряд конденсатора через проводящие транзисторы $VT2, VT3$, а на интервале $t_4 - t_5$ через проводящие диоды $VD8, VD9$. При этом к транзисторам $VT1, VT4$ прикладывается напряжение питания U_{π} (рис. 3.5, е). В последующем процессы в схеме повторяются.

Высоковольтный трансформатор (T) повышает напряжение до нужного уровня, а комбинированная схема выпрямления (две схемы Латура) преобразуют переменное напряжение в постоянное напряжение высокого уровня.

При частоте управляющих импульсов близкой к частоте колебаний резонансного контура ток в цепи изменяется непрерывно по синусоидальному закону, что соответствует максимальному значению эффективного тока в цепи и, следовательно, максимальному напряжению на рентгеновской трубке. При уменьшении частоты управляющих импульсов, когда $f_0 > 2 f_T$ ток в цепи будет уже прерывистым, т.е. появляются временные паузы, во время которых ток

в цепи отсутствует.

По мере снижения частоты следования управляющих импульсов длительность этих пауз растет и, следовательно, уменьшается эффективное значение тока и соответственно снижается мощность и уменьшается напряжение на рентгеновской трубке. Таким образом, напряжение на рентгеновской трубке может регулироваться в широких пределах, а также стабилизироваться при наличии обратной связи.

4. РАСЧЕТ СИЛОВОЙ ЦЕПИ ГЕНЕРАТОРНОГО УСТРОЙСТВА

4.1. Расчет высоковольтного выпрямителя

Нагрузкой выпрямителя в данном проектируемом устройстве является отечественная рентгеновская трубка 6-10 БДВ8-125. Максимально допустимая кратковременная мощность этой трубки 10 кВт, максимальное напряжение 125кВ.

Высоковольтный выпрямитель рассчитываемой схемы состоит из двух одинаковых схем удвоения включенных последовательно. Поэтому расчет проводим для одной из схем (рис. 4.1).

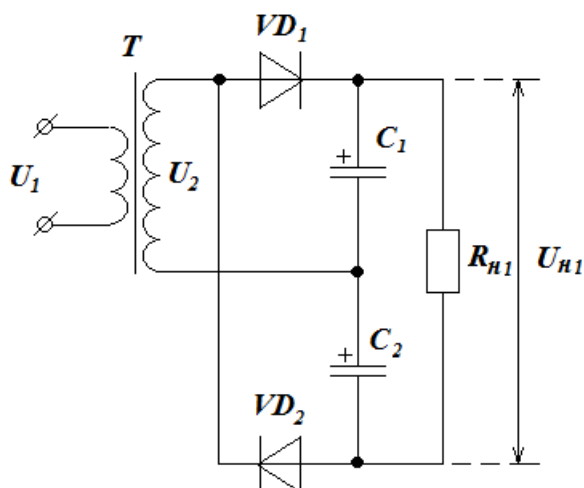


Рис.4.1

Исходные данные для расчета:

$$U_{1min} = 450B; \quad U_{n1} = 62,5kB; \quad I_n = 80mA;$$

$$P_{n1} = 5kBm; \quad f = 30кГц; \quad K_n \leq 0,1.$$

Расчет проводим по методике, представленной в литературе [15]:

Мощность, отдаваемая в нагрузку одной половины схемы высоковольтного выпрямителя:

$$P_{н1} = 62,5 \cdot 10^3 \cdot 80 \cdot 10^{-3} = 5000 [Вт].$$

Определяем ориентировочные значения параметров необходимых для расчета схемы Латура[15]:

$$B = 1; D = 2,1; A = 0,2; F = 6,2.$$

Действующее значение напряжения на вторичной обмотке трансформатора:

$$U_{21} = 0,5 \cdot U_{н1} \cdot B = 0,5 \cdot 62,5 \cdot 10^3 \cdot 1 = 31,25 \cdot 10^3 [В].$$

Действующее значение тока вторичной обмотки:

$$I_2 = 1,41 \cdot D \cdot I_{н1} = 1,41 \cdot 2,1 \cdot 80 \cdot 10^{-3} = 0,237 [А].$$

Обратное напряжение на вентиле:

$$U_{B.обр} = U_{н1} \cdot 1,41 \cdot B = 62,5 \cdot 10^3 \cdot 1,41 \cdot 1 = 88125 [В].$$

Среднее значение прямого тока вентилей:

$$I_{B.ср} = I_{н1} = 80 \cdot 10^{-3} [А].$$

Амплитудное значение тока вентилей:

$$I_{B.ампл} = I_{н1} \cdot F = 80 \cdot 10^{-3} \cdot 6,2 = 496 \cdot 10^{-3} А.$$

Габаритная мощность трансформатора с учетом суммарной нагрузки:

$$P_{T.габ} = 0,7 \cdot B \cdot D \cdot 2 \cdot P_{н1} = 0,7 \cdot 1 \cdot 2,1 \cdot 2 \cdot 5 \cdot 10^3 = 14,7 \cdot 10^3 [ВА].$$

В качестве вентилей в схеме выпрямителя используем выпрямительные столбы 2Ц 108В.

Основные параметры выпрямительного столба представлены в таблице №1:

Таблица №1

Тип прибора	Предельные значения параметров при $T=25^{\circ}\text{C}$		Значения параметров при $T=25^{\circ}\text{C}$					$T_{\text{к. макс}} (T_{\text{к}})$ $^{\circ}\text{C}$
	$U_{\text{обр. макс.}}$ ($U_{\text{обр. н. макс.}}$) кВ	$I_{\text{кр. макс.}}$ ($I_{\text{кр. н. макс.}}$) мА	$I_{\text{кр.}}$ А	$f_{\text{раб.}}$ ($f_{\text{макс.}}$) кГц	$U_{\text{кр.}}$ В	при $I_{\text{кр.}}$ мА	$I_{\text{обр.}}$ мкА	
2Ц108В	(6,0)	100	5,0	50	10	180	150	125

Количество последовательно включенных столбов с учетом действующего обратного напряжения на вентиле:

$$N_B = \frac{U_{B.\text{обр}}}{U_{\text{ст.обр.м}}} = \frac{88125}{6000} = 15$$

Применяем количество столбов с запасом, т.е. 17 штук.

Сопротивление вентиля в открытом состоянии:

$$r_B = 17 \cdot \frac{U_{np}}{I_{np}} = 17 \cdot \frac{10}{180 \cdot 10^{-3}} = 944,4 [\text{Ом}].$$

Определяем ориентировочное сопротивление обмоток трансформатора:

$$r_T = K_r \cdot \frac{2 \cdot U_{н1}}{I_n \cdot f_p \cdot B_m} \sqrt[4]{\frac{s \cdot f_p \cdot B_m}{U_{н1} \cdot I_n}} =$$

$$0,9 \cdot \frac{2 \cdot 62,5 \cdot 10^3}{80 \cdot 10^{-3} \cdot 30 \cdot 10^3 \cdot 0,25} \cdot \sqrt[4]{\frac{2 \cdot 30 \cdot 10^3 \cdot 0,25}{62,5 \cdot 10^3 \cdot 80 \cdot 10^{-3}}} = 247 [\text{Ом}].$$

Где

$K_r = 0,9$ – коэффициент для схемы Латура;

$f_p = 30 \cdot 10^3 [\text{Гц}]$ – рабочая частота;

$B_m = 0,25 [\text{Тл}]$ – амплитуда магнитной индукции;

$s = 2$ – число стержней трансформатора, на которых помещены обмотки.

Значение балластного сопротивления (для защиты трубки в случаи газового разряда):

$$r_B = r_{B1} + r_{B2} = \frac{2 \cdot U_{н1}}{I_n \cdot 100} = \frac{2 \cdot 62,5 \cdot 10^3}{80 \cdot 10^{-3} \cdot 100} = 15625 [\text{Ом}].$$

Активное сопротивление фазы выпрямителя:

$$r = r_T + 2 \cdot r_B + r_E = 247 + 2 \cdot 944,4 + 15625 = 17760,8 [\text{Ом}].$$

Уточняем параметр – А:

$$A = \frac{I_n \cdot \pi \cdot r}{U_{н1}} = \frac{80 \cdot 10^{-3} \cdot \pi \cdot 17760,8}{62,5 \cdot 10^3} = 0,0714 \approx 0,1.$$

По графикам в литературе [15] уточняем остальные параметры:

$B = 0,9; D = 2,47, F = 7,4$. С учетом этих значений уточняем параметры схемы выпрямителя.

Действующее значение напряжения на вторичной обмотке трансформатора:

$$U_{21} = 0,5 \cdot U_{н1} \cdot B = 0,5 \cdot 62,5 \cdot 10^3 \cdot 0,9 = 28,13 \cdot 10^3 [B].$$

Действующее значение тока вторичной обмотки:

$$I_2 = 1,41 \cdot D \cdot I_n = 1,41 \cdot 2,47 \cdot 80 \cdot 10^{-3} = 0,279 [A].$$

Обратное напряжение на вентиле:

$$U_{B.обр} = U_{н1} \cdot 1,41 \cdot B = 62,5 \cdot 10^3 \cdot 1,41 \cdot 0,9 = 79312,5 [B].$$

Амплитудное значение тока вентиля:

$$I_{B.ампл} = I_n \cdot F = 80 \cdot 10^{-3} \cdot 7,4 = 592 \cdot 10^{-3} A.$$

Габаритная мощность трансформатора с учетом суммарной нагрузки:

$$P_{T.габ} = 0,7 \cdot B \cdot D \cdot 2 \cdot P_{н1} = 0,7 \cdot 0,9 \cdot 2,47 \cdot 2 \cdot 5 \cdot 10^3 = 15,6 \cdot 10^3 [BA].$$

По графику, представленному в [15] определяем параметр – Н для рабочей частоты 30 кГц.

$$H_{30кГц} = \frac{H_{400Гц}}{f_p / 400} = \frac{28}{30000 / 400} = 0,37.$$

Определяем емкость конденсатора выпрямителя:

$$C = \frac{H}{r \cdot K_n} = \frac{0,37}{177968 \cdot 0,1} = 0,21 \cdot 10^{-3} \text{ мкФ}, (210 \text{ нФ}).$$

Максимальное напряжение на конденсаторе:

$$U_{C.макс} = U_{н1} / 2 + \frac{r_E}{2} \cdot I_n = \frac{1}{2} \cdot (62,5 \cdot 10^3 + 15625 \cdot 80 \cdot 10^{-3}) = 31875 [B], (32 \text{ кВ}).$$

Выбираем высоковольтные конденсаторы типа К15У-2.

Учитывая рабочую частоту и конструкцию высоковольтного выпрямителя, в качестве материала сердечника трансформатора выбираем феррит 2000НМ1 и сердечник типа – ПК.

Определяем произведение площади сечения магнитопровода и площади поперечного сечения окна магнитопровода:

$$S_c \cdot S_{ок} = P_{Т.аб} \cdot 10^2 / 2 \cdot k_\phi \cdot f_p \cdot B \cdot j \cdot k_o = 15600 \cdot 10^2 / 2 \cdot 1.11 \cdot 30 \cdot 10^3 \cdot 0.2 \cdot 5 \cdot 0.25 = 93.7 [см^4]$$

Где k_ϕ – коэффициент формы кривой; B – максимальное значение магнитной индукции; j – плотность тока в обмотках $\left[\frac{A}{мм^2} \right]$, (трансформатор в масле, поэтому принимаем значение плотности тока на уровне $j = 5 \frac{A}{мм^2}$); k_o – коэффициент заполнения окна сердечника обмоточным материалом.

Из стандартного ряда сердечников [16] выбираем наибольший размер ПК48-20, у которого $S_c \cdot S_{ок} \approx 68.4 [см^4]$. Для выполнения условия $S_c \cdot S_{ок} = 93.7 [см^4]$ используем два сердечника ПК48-20 с наложением друг на друга. При этом $S_c \cdot S_{ок} = 136.8 [см^4]$, что удовлетворяет заданному условию с некоторым запасом.

Суммарная площадь сечения магнитопровода составленного из двух сердечников ПК48-20 будет равна $S_{с.сум} \approx 5.1 [см^2]$.

Число витков в первичной обмотке трансформатора:

$$W_1 = \frac{U_{1.мин}}{4 \cdot k_\phi \cdot f_p \cdot B \cdot S_c} = \frac{450}{4 \cdot 1.11 \cdot 30 \cdot 10^3 \cdot 0.2 \cdot 5.1 \cdot 10^{-4}} = 33$$

Коэффициент трансформации (КПД трансформатора $\eta_T \approx 0.95$):

$$n = \frac{U_2}{U_{1.мин} \cdot \eta_T} = \frac{32 \cdot 10^3}{450 \cdot 0.95} = 75$$

Число витков вторичных обмоток трансформатора:

$$W_{21} = W_{22} = W_1 \cdot n = 33 \cdot 75 = 2475.$$

Выходная мощность трансформатора:

$$P_2 = 2 \cdot U_{21} I_2 = 2 \cdot 28,13 \cdot 10^3 \cdot 0,279 = 15696,54 [Bm].$$

Входная мощность:

$$P_1 = \frac{P_2}{\eta_T} = \frac{15696,54}{0,95} = 16523 [Bm].$$

Ток в первичной обмотке:

$$I_1 = \frac{P_1}{U_1} = \frac{16523}{450} = 36,7 [A].$$

Определяем диаметр проводов первичной и вторичной обмоток.

Обмотки размещаем на двух стержнях. Первичную обмотку в виде двух обмоток включённых параллельно. Вторичную размещаем на двух стержнях в виде двух обмоток последовательно включенных.

Диаметр провода первичной обмотки:

$$d_{11} = d_{12} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{I_1}{2 \cdot j}} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{36,7}{2 \cdot 5}} = 2,16 [мм].$$

Выбираем провод из стандартного ряда ПЭВ-2 диаметром 2,23мм.

Диаметр провода вторичной обмотки:

$$d_2 = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{I_2}{j}} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{0,279}{5}} = 0,27 [мм]$$

Выбираем провод из стандартного ряда ПЭВ-2 диаметром 0,28мм.

Число слоев первичной обмотки:

$$m_1 = \frac{W_1 \cdot d_{11} \cdot k_{u1}}{2 \cdot h} = \frac{33 \cdot 2,23 \cdot 1,1}{2 \cdot 28} = 1,45.$$

Где k_{u1} — коэффициент учитывающий прирост диаметра провода вследствие наличия изоляции; $2h$ — высота окна сердечника ПК48-20.

Принимаем число слоев $m_1 = 2$.

Число слоев вторичной обмотки:

$$m_2 = \frac{W_{21} \cdot d_2 \cdot k_{u2}}{2 \cdot h} = \frac{2475 \cdot 0,28 \cdot 1,2}{2 \cdot 28} = 15.$$

Определяем индуктивность рассеяния трансформатора:

$$L_s \approx \frac{\mu_0 \cdot l_{cp} \cdot W_1^2}{2 \cdot h_n} \left(\Delta_{12} + \frac{\Delta_1 + \Delta_2}{3} \right) = \frac{4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot 33^2}{2 \cdot 46,5 \cdot 10^{-3}} \left(2 \cdot 10^{-3} + \frac{4,7 \cdot 10^{-3} + 15,2 \cdot 10^{-3}}{3} \right) = 15,5 \cdot 10^{-6} [H]$$

Где μ_0 – магнитная проницаемость вакуума;

l_{cp} – длина среднего витка обмотки;

h_n – высота намотки;

Δ_{12} – толщина изоляции между обмотками;

Δ_1 – толщина первичной обмотки; Δ_2 – толщина вторичной обмотки трансформатора.

4.2. Расчет последовательного резонансного инвертора

Исходные данные для расчета:

$$E_{\text{вх.ном}} = 514B; P_{\text{н.и}} = 16523Bm; I_{\text{н.и}} = 36,7A; f_p = 30кГц.$$

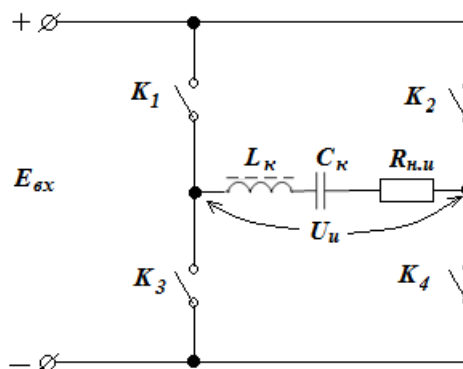


Рис.4.2

Действующие значения напряжения первой гармоники инвертора:

$$U_{u1} = \frac{E_{\text{вх}} \cdot 2\sqrt{2}}{\pi} = \frac{514 \cdot 2 \cdot \sqrt{2}}{\pi} = 462,8[B].$$

При резонансе $U_{R_{\text{н.и}}} = U_{u1} = 462,8[B]$.

Действующие значения входного тока:

$$I_{\text{вх}} = \frac{I_{\text{н.и}} \cdot 2\sqrt{2}}{\pi} = \frac{36,7 \cdot 2\sqrt{2}}{\pi} = 33[A].$$

В качестве силовых ключей выбираем транзисторные модули

IGBT фирмы SEMITRANS: SKM50 GB 123D.

Основные параметры:

Максимальное напряжение на коллекторе 1200В, максимальный ток коллектора 50А, напряжение насыщения 2,7В, максимальная рассеиваемая мощность 310Вт, максимальная температура перехода 150 °С.

Активное сопротивление нагрузки инвертора:

$$R_{н.и} = \frac{U_{u1}}{I_{н.и}} = \frac{462,8}{36,7} = 12,6[Ом].$$

Емкость конденсатора колебательного контура при добротности $Q = 1$:

$$C_{\kappa} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f_p \cdot Q \cdot R_{н.и}} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 30 \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 12,6} = 42,1 \cdot 10^{-8}[\Phi], (0,421 [\text{мк}\Phi]).$$

Выбираем конденсатор типа К73П-2 0,22 мкФ на 1000В (2 шт. включенных в параллель).

Индуктивность резонансного контура:

$$L_{\kappa} = \frac{Q \cdot R_{н.и}}{2 \cdot \pi \cdot f_p} = \frac{1 \cdot 12,6}{2 \cdot \pi \cdot 30 \cdot 10^3} = 6,685 \cdot 10^{-5}[\Gamma\text{н}], (66,9 [\text{мк}\Gamma\text{н}]).$$

Определяем индуктивность дросселя в резонансной цепи:

$$L_{\text{др.к}} = L_{\kappa} - L_s = 66,9 - 15,5 = 51,4[\text{мк}\Gamma\text{н}].$$

В качестве материала сердечника дросселя выбираем Мопермаллой МП – 140 ($\mu = 120$; $B_{\text{раб}} = 0,6\text{Тл}$; $V = 5,417 \cdot 10^{-6} \text{м}^3$)[16].

Определяем рабочую напряженность магнитного поля:

$$H_{\text{раб}} = \frac{B_{\text{раб}}}{\mu \cdot \mu_0} = \frac{0,6}{120 \cdot 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}} = 3979 \left[\frac{\text{А}}{\text{м}} \right].$$

Вычисляем максимальную энергию дросселя:

$$W_L = \frac{L_{\text{др.к}} \cdot I_{н.и}^2}{2} = \frac{51,4 \cdot 10^{-6} \cdot 36,7^2}{2} = 34,62 \cdot 10^{-3}[\text{Дж}].$$

Находим требуемый объем сердечника дросселя:

$$V = \frac{2 \cdot W_L}{B_{\text{раб}} \cdot H_{\text{раб}}} = \frac{2 \cdot 34,62 \cdot 10^{-3}}{0,67 \cdot 3978} = 26 \cdot 10^{-6} [\text{м}^3]$$

Выбираем кольцевой сердечник К55-32-11,7 со следующими параметрами: $S_c = 117 [\text{мм}^2]$, $l_c = 130 [\text{мм}]$, $V_c = 15,21 \cdot 10^{-6} [\text{м}^3]$, $S_{ок} = 804,3 [\text{мм}^2]$.

Используем два таких кольцевых сердечников, у которых суммарный объем сердечника: $V = 2 \cdot V_c = 2 \cdot 15,21 \cdot 10^{-6} = 30,42 \cdot 10^{-6} [\text{м}^3]$.

Суммарная площадь поперечного сечения сердечника: $S = 2 \cdot S_c = 2 \cdot 117 = 234 [\text{мм}^2]$.

Определяем число витков дросселя:

$$\omega = \sqrt{\frac{L_{\text{др.к}} \cdot l_c}{S \cdot \mu_0 \cdot \mu}} = \sqrt{\frac{51,4 \cdot 10^{-6} \cdot 130 \cdot 10^{-3}}{234 \cdot 10^{-6} \cdot 4 \cdot \pi \cdot 10^{-6} \cdot 120}} = 19$$

Вычисляем диаметр провода:

$$d = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{I_{н.м}}{j}} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{36,7}{3}} = 3,95 [\text{мм}].$$

Площадь поперечного сечения:

$$S_{np} = \frac{I_{н.м}}{j} = \frac{36,7}{3} = 12,23 [\text{мм}^2]$$

Выбираем провод типа ПЭВ - 2 диаметром 2,26 мм с площадью поперечного сечения $S_{np} = 4,012 [\text{мм}^2]$.

Намотку необходимо проводить в три провода в параллель: $3 \cdot S_{np} = 12,1 [\text{мм}^2]$.

Коэффициент заполнения окна медью:

$$K_{ок} = \frac{4 \cdot S_{np} \cdot \omega}{S_{ок}} = \frac{3 \cdot 4,012 \cdot 19}{804,3} = 0,284.$$

Следовательно, условие заполнения окна медью выполняется $K_{ок} \leq 0,3$.

4.3. Расчет сетевого трехфазного выпрямителя

Исходные данные для расчета:

$$U_{\text{вх.}} = 380\text{В} \pm 10\%; f_c = 50\text{Гц}; U_n = 514\text{В}; I_n = 33\text{А}; .$$

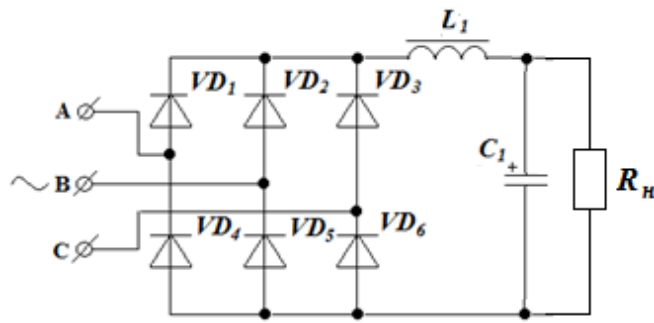


Рис.4.3

Максимально возможное напряжение на выходе выпрямителя:

$$U_{\text{в.мак}} = \frac{U_{\text{ф.мак}} \cdot 3 \cdot \sqrt{6}}{\pi} = \frac{242 \cdot 3 \cdot \sqrt{6}}{\pi} = 566[\text{В}].$$

Максимально возможное напряжение на диодах выпрямителя:

$$U_{\text{д.мак}} = \frac{U_{\text{в.мак}} \cdot \pi}{3} = \frac{566 \cdot \pi}{3} = 593[\text{В}].$$

Среднее значение тока через диод:

$$I_{\text{д.ср}} = \frac{I_n}{3} = \frac{33}{3} = 11[\text{А}].$$

Выбираем диоды типа DO-203AA, у которого:

$$U_{\text{а.обр}} = 100[\text{В}]; I_{\text{а.нр}} = 12[\text{А}]; \Delta U_{\text{нр}} = 1,26[\text{В}].$$

Сопротивление нагрузки выпрямителя:

$$R_n = \frac{U_n}{I_n} = \frac{514}{33} = 15,6[\text{Ом}].$$

Максимальное значение нагрузки выпрямителя:

$$R_{\text{н.мак}} = R_n \cdot \frac{I_{\text{А.мак}}}{I_{\text{А.мин}}} = 15,6 \cdot \frac{80}{25} = 49,92[\text{Ом}].$$

Критическое значение индуктивности дросселя [15]:

$$L_{\text{кр}} = \frac{2 \cdot R_{\text{н.мак}}}{(m^2 - 1) \cdot m \cdot 2\pi \cdot f_c} = \frac{2 \cdot 49,92}{(6^2 - 1) \cdot 6 \cdot 2\pi \cdot 50} = 1,51 \cdot 10^{-3}[\text{Гн}].$$

Принимаем значение индуктивности дросселя: $L_{\text{др}} = 2[\text{млГн}]$.

Определяем емкость конденсатора фильтра:

$$C_{\Phi} = \frac{(q+1)}{L_{\text{др}} \cdot m^2 \cdot (2\pi \cdot f_c)^2} = \frac{(4+1)}{2 \cdot 10^{-3} \cdot 6^2 \cdot (2\pi \cdot 50)^2} = 7,04 \cdot 10^{-4}[\text{Ф}]$$

Выбираем из справочника конденсатор типа К50 – 32 – 600В – 470 мкф (два конденсатора включенных параллельно).

Конструктивный расчет дросселя фильтра.

Сглаживающий фильтр для сетевого выпрямителя, поэтому в качестве материала сердечника дросселя выбираем электротехническую сталь 3424.

Определяем произведение площади окна на площадь сечения сердечника:

$$S_{ок} \cdot S_c = \frac{L \cdot I_n^2}{B_m \cdot j \cdot k_{ок} \cdot k_c} = \frac{2 \cdot 10^{-3} \cdot 33^2}{1,7 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 0,3 \cdot 0,9} = 237,3 \cdot 10^{-8} [м^4].$$

Выбираем сердечник типа ПЛ25-50-65:

$$S_{ок} \cdot S_c = 292,5 [см^4]; S_c = 11,25 [см^2]; S_{ок} = 26 [см^2]; k_{ок} = 0,25.$$

Определяем число витков обмотки дросселя:

$$W = \frac{L \cdot I_n}{B_m \cdot S_c \cdot k_c} = \frac{2 \cdot 10^{-3} \cdot 33}{1,7 \cdot 11,25 \cdot 10^{-4} \cdot 0,9} = 38$$

Площадь сечения провода и диаметр провода:

$$s_{np} = \frac{I_n}{j} = \frac{33}{2} = 16,5 [мм^2]; d_{np} = 1,13 \cdot \sqrt{s_{np}} = 1,13 \cdot \sqrt{16,5} = 4,6 [мм]$$

Выбираем провод типа ПЭВ-2 диаметром 2,26 мм. Четыре провода в параллель.

Рассчитываем не магнитный зазор:

$$\delta = \frac{\mu_0 \cdot S_c \cdot k_c \cdot W^2}{L} = \frac{4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot 11,25 \cdot 10^{-4} \cdot 0,9 \cdot 38^2}{2 \cdot 10^{-3}} = 0,23 \cdot 10^{-3} [м].$$

5.ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Введение

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурс эффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов. Это важно для разработчиков, которые должны представлять состояние и перспективы проводимых научных исследований.

Необходимо понимать, что коммерческая привлекательность научного исследования определяется не только превышением технических параметров над предыдущими разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сумеет найти ответы на такие вопросы – будет ли продукт востребован рынком, какова будет его цена, каков бюджет научного проекта, какой срок потребуется для выхода на рынок и т.д.

Таким образом, целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурс эффективность и ресурсосбережение» является проектирование и создание конкурентоспособных разработок, технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурс эффективности и ресурсосбережения.

5.1.Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурс эффективности и ресурсосбережения

5.1.1.Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Целевым рынком выполненной работы являются компании занимающиеся водоснабжением.

Сегментом этого рынка являются мелкие и средние коммерческие организации имеющие связанные с водоснабжением. Значимыми критериями для данного сегмента рынка, являются размер предприятия и выпускаемая продукция.

5.1.2.Технология QuaD

Таблица1.

Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (3x2)
1	2	3	4	5	
Показатели оценки качества разработки					
1.Доступность (понятность)	0.3	95	100	0.95	28.5
2. Удобство использования	0.3	90	100	0.9	27
3. Простота	0.08	80	100	0.8	6.4
4. Унифицированность	0.02	75	100	0.75	1.5
5. Полнота изложения	0.1	95	100	0.95	9.5
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
6. Конкурентоспособность продукта	0.06	75	100	0.75	4.5
7. Перспективность рынка	0.06	85	100	0.85	5.1
8. Цена	0.08	95	100	0.95	7.6

Проведем оценку качества и перспективности по технологии QuaD по формуле:

$$P_{cp} = \sum B_i \cdot \bar{B}_i = 20.836 ,$$

(1)

где P_{cp} – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

$\bar{B}_i$ – средневзвешенное значение i -го показателя.

Значение P_{cp} позволяет говорить о перспективах разработки и качестве проведенного исследования. Перспективность в нашем случае составляет 20,8. Это говорит о том, что перспективность ниже среднего.

5.2. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

Морфологический подход основан на систематическом исследовании всех теоретически возможных вариантов, вытекающих из закономерностей строения (морфологии) объекта исследования. Синтез охватывает как известные, так и новые, необычные варианты, которые при простом переборе могли быть упущены. Путем комбинирования вариантов получают большое количество различных решений, ряд которых представляет практический интерес.

Таблица 2.

Морфологическая матрица для анализа

	1	2	3	4
А. Способ представления информации	текст;	графики; таблицы;	видео;	аудио;
Б. Содержание	анализ методов;	анализ	анализ	рассмотрение

анализа	анализ средств;	существующих средств;	существующих методов;	других анализов;
В. Структура анализа способа измерения	метод; средства; анализ; выбор;	метод; физическое пояснение; анализ;	средства; физическое пояснение; выбор;	средства; экономическое обоснование; выбор;
Г. Способы получения информации	интернет; руководитель;	энциклопедии; магазины;	получение информации с производства;	комбинированный метод получения информации;
Д. Требуемые человеческие ресурсы для выполнения работы	команда инженеров;	1 студент;	3 любителя проведения анализов;	1 профессор;

Были выявлены наиболее 3 удачные комбинации составления данной работы:

1. А1Б4В3Г1Д3 - наиболее дешевый; первая комбинация отличается простотой реализации, наименьшими затратами ресурсов, дешевизной выполнения работы. В следствии чего получится дешевая, но низкокачественная работа.

2. А1Б1В1Г4Д2 - универсальный; вторая комбинация является универсальной. Полученная работа будет выполнена без лишних затрат и является средней по качеству.

5.3. Планирование научно-исследовательских работ.

5.3.1 Структура работ в рамках научного исследования.

Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Таблица

3.

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Создание темы проекта	1	Составление и утверждение темы проекта	Научный руководитель
	2	Анализ актуальности темы	
Выбор направления	3	Поиск и изучение материала по теме	Студент

исследования	4	Выбор направления исследований	Научный руководитель, студент
	5	Календарное планирование работ	
Теоретические исследования	6	Изучение литературы по теме	Студент
	7	Подбор нормативных документов	
	8	Анализ используемых средств и методов	
	9	Систематизация и оформление информации	
Оценка полученных результатов	10	Анализ результатов	Научный руководитель, студент
	11	Заключение	руководитель, студент

5.3.2. Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожи}$ используется следующая формула:

$$t_{ожи} = \frac{3t_{мини} + 2t_{макси}}{5}, \quad (2)$$

где $t_{ожи}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Для выполнения перечисленных в таблице 4 работ требуются специалисты:

инженер (И);

научный руководитель (НР).

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожи}}{Ч_i}, \quad (3)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожи}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

5.3.3. Разработка графика проведения научного исследования

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (4)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (5)$$

где $T_{\text{КАЛ}}$ – календарные дни ($T_{\text{КАЛ}} = 366$);

$T_{\text{ВД}}$ – выходные дни ($T_{\text{ВД}} = 52$);

$T_{\text{ПД}}$ – праздничные дни ($T_{\text{ПД}} = 12$).

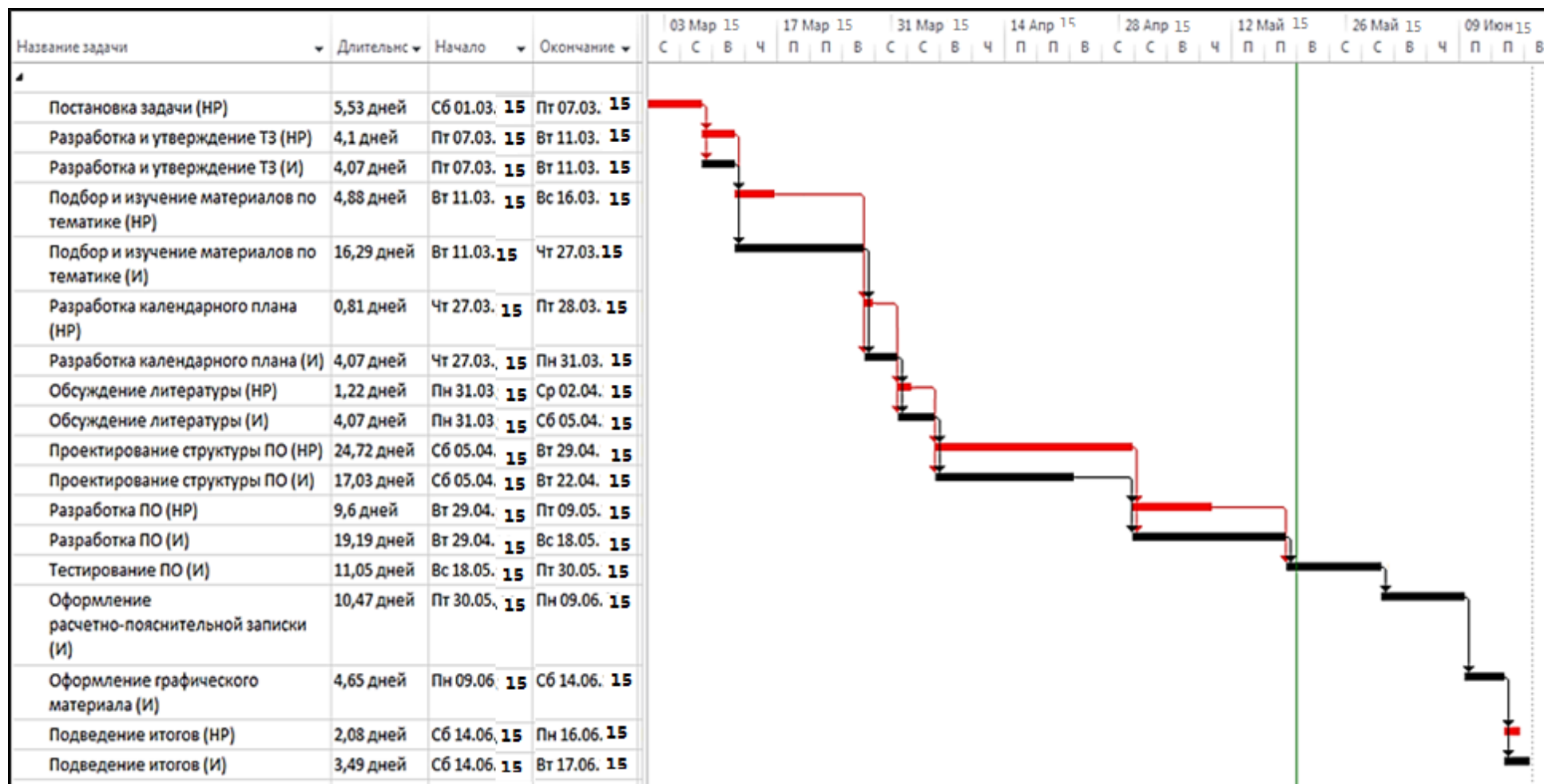
В таблице 4 приведены длительность этапов работ и число исполнителей, занятых на каждом этапе.

Таблица 4 – График проведения научного исследования

Этап	Исполнитель И	Продолжительность работ, дни						Длительность работ, чел/дн.							
								T_{Pi}				T_K			
		t_{min}		t_{max}		$t_{ож}$		НР		И		НР		И	
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 1	Исп.2	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 1	Исп. 2
Постановка задачи	НР	3	10	5	13	3,8	11,2	4,56	4,03	–	13,4 4	5,53	4,88	–	16,2 8
Разработка и утверждение технического задания (ТЗ)	НР, И	2	12	4	15	2,8	13,2	0,34	7,92	3,36	15,8 4	0,41	9,6	4,07	19,1 9
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	10	15	13	20	11,2	17	4,03	20,4	13,4 4	14,2 8	4,88	24,7 2	16,2 8	17,3
Разработка календарного плана	НР, И	2	3	4	5	2,8	3,8	0,67	4,56	3,36	–	0,81	5,53	4,07	–
Обсуждение литературы	НР, И	2	6	4	9	2,8	7,2	1,01	–	3,36	8,64	1,22	–	4,07	10,4 7
Проектирование структуры ПО	НР, И	15	10	20	13	17	11,2	20,4	4,03	14,2 8	13,4 4	24,7 2	4,88	17,3	16,2 8
Разработка ПО	НР, И	12	15	15	20	13,2	17	7,92	20,4	15,8 4	14,2 8	9,60	24,2 7	19,1 9	17,3

Тестирование ПО	И	6	2	10	4	7,6	2,8	-	0,67	9,12	3,36	-	0,81	11,0 5	4,07
Оформление расчетно- пояснительной записки	И	6	15	9	20	7,2	17	-	20,4	8,64	14,2 8	-	24,7 2	10,4 7	17,3
Оформление графического материала	И	2	3	5	5	3,2	3,8	-	4,56	3,84	—	-	5,53	4,65	—
Подведение итогов	НР, И	2	2	3	4	2,4	2,8	1,72	0,67	2,88	3,36	2,08	0,81	3,49	4,07
Итого:						74	78	40,6 5	50,2 3	78,1 2	90,2 1	49,2 7	60,2	94,6 8	80,6 5

Таблица – Календарный план-график проведения НИОКР по теме



На основе табл. 4 строится календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта на основе табл. 5 с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования. При этом работы на графике следует выделить различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

5.4. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением.

5.4.1. Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхи}, \quad (6)$$

где: m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхи}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов.

Таблица 5 - Материальный затраты

Наименование	Единица измерения	количество		Цена за ед., руб.		Затраты на материалы,(з _м),руб	
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 1	Исп. 2
Бумага	лист	150	100	2	2	345	230
Картридж для принтера	шт.	1	1	1000	1000	1150	1150
Интернет	М/бит (пакет)	1	1	350	350	402,5	402,5
Ручка	шт.	1	1	20	20	23	23
Дополнительная литература	шт.	2	1	400	350	920	402,5
Тетрадь	шт.	1	1	10	10	11,5	11,5
Итого					2852	2219,5	2135,5

5.4.2 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы

В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 – 30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы сводится в таблице.

Таблица6 . Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудоемкость, чел.-дн.		Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс. руб.		Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.	
			Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2
1.	Составление и утверждение темы проекта	Руководитель	2	2	3,6		8	8
2.	Анализ актуальности темы	Рук.-студ.	1	1 1	4,4		5	5

3.	Поиск и изучение материала по теме	Студ.-рук.	1	1	4,4	5	5
4.	Выбор направления исследований	Руководитель	1	2	3,6	4	8
5.	Календарное планирование работ	Руководитель	2	2 2	3,6	8	8
6.	Изучение литературы по теме	Студент	10	10 10	0,8	8,9	8,9
7.	Подбор нормативных документов	Студ.-рук.	3	4 4	4,4	14,8	19,7
8.	Выявление достоинств и недостатков теоретических средств измерений	Студент	4	6	0,8	3,6	5,4
9.	Выявление достоинств и недостатков практически используемых средств	Студент	2	3	0,8	1,8	2,7
10.	Изучение результатов	Студент	2	3	0,8	1,8	2,7
11.	Анализ результатов	Студ.-рук.	2	2	4,4	9,8	9,8
12.	Вывод по цели	Студент	3	3	0,8	2,7	2,7
Итого:						79,7	84,2

Проведем расчет заработной платы относительно того времени, в течение которого работал руководитель и студент. Принимая во внимание, что за час работы руководитель получает 450 рублей, а студент 100 рублей (рабочий день 8 часов).

$$Z_{\text{зн}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (7)$$

где: $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата;

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $Z_{\text{осн}}$).

Максимальная основная заработная плата руководителя (доктора наук) равна примерно 48000 рублей, а студента 31700 рублей.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = \kappa_{доп} \cdot Z_{осн}, \quad (8)$$

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

Таким образом, заработная плата руководителя равна 53760 рублей, студента – 35504 рублей.

5.4.3.Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = \kappa_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (9)$$

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

На 2014 г. в соответствии с Федеральным закона от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка –30%.

Таблица 7. Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная		Дополнительная	
	Ис	Исп.	Исп	Исп.2
Руководитель	48	5700	576	6840
Студент-	31	2720	380	3264
Коэффициент	0,271			
Итого				
Исполнение 1	24190,5 руб.			
Исполнение 2	25556,4 руб.			
Исполнение 3	25829,5 руб.			

5.4.4. Накладные расходы

Величина накладных расходов определяется по формуле:

$$З_{\text{накл}} = (\sum \text{статей}) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (10)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%. Таким образом, наибольшие накладные расходы при первом исполнении равны: $З_{\text{накл}} = 3745306,5 \cdot 0,16 = 599249,2$ руб.

5.4.5. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Таблица 8. Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб	
	Исп 1	Исп 2
Материальные затраты НТИ	2852	2219,5
Затраты на специальное оборудование для научных исследований	3629	4550000
Затраты по основной заработной плате	7970	84200
Затраты по дополнительной заработной плате	9564	10104
Отчисления во внебюджетные фонды	2419	25556,4
Накладные расходы	5992	747532,7
Бюджет затрат НТИ	7155	869612

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

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурс эффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{финр}^{исп.i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}}, \quad (11)$$

где $I_{финр}^{исп.i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Интегральный показатель ресурс эффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a^i \cdot b^i, \quad (12)$$

где: I_{pi} – интегральный показатель ресурс эффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a^i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Таблица 9. Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент	Исп. 1	Исп. 2
1. Надежность	0,2		5
2. Универсальность	0,2		4
3. Уровень	0,15		4
4. Функциональная	0,20		5
5. Ремонтопригодность	0,1		
6. Энергосбережение	0,15		4

ИТОГО	1	4,	3,15
-------	---	----	------

;

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{исп.i}$) определяется на основании интегрального показателя ресурс эффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.i} = \frac{I_{p-исп.i}}{I_{финр.i}}$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (см.табл.18) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{ср}$):

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп.i}}{I_{финр.i}} \quad (13)$$

Таблица 10 Сравнительная эффективность разработки

	Показатели	И	И	И
	Интегральный финансовый показатель разра-ботки	0	1	0
	Интегральный показатель ресурсоэффе-ктивности	4	4	4
	Интегральный показатель	5	4	8
	Сравнительная эффективность вариантов ис-полнения	0	0	1

Сравнив значения интегральных показателей эффективности можно сделать вывод, что реализация технологии в третьем исполнении является более эффективным вариантом решения задачи, поставленной в данной работе с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

6. Социальная ответственность.

Введение

Выполнение работы по теме «Схема управления генераторным устройством частотно-импульсного рентгеновского аппарата».

Дипломный проект посвящен актуальной проблеме улучшения массогабаритных, радиационных характеристик и расширения возможностей систем регулирования и стабилизации выходными параметрами рентгеновских аппаратов промышленного и медицинского назначения.

6.1. Техногенная безопасность

6.1.1 Анализ вредных факторов производственной среды

Вредные вещества.

Работа в лаборатории связана с изготовлением печатных плат. Она включает в себя процесс травления печатных плат, лужения и пайки электро-радиоэлементов, обжига фторопластовой и полиэтиленовой изоляции проводов. Все эти процессы связаны с выделением вредных веществ. При травлении выделяются хлорид железа, хлорид меди и другие вещества, которые необходимо утилизировать.

При пайке и обжиге контактов выделяются пары свинца, олова, канифоли, которые являются вредными для организма человека. Предельно допустимые нормы концентраций данных веществ в воздухе приведены в таблице 3.

Таблица 3

Вещества	Свинец	Канифоль
ПДК,мг/мЗ	0,01	10

Мерой безопасности при данных работах является применение местной вытяжной вентиляции. Припой, флюсы, кислоты и другие вредные вещества должны храниться в специальной, плотно закрывающейся таре.

Освещенность рабочего места

Объем и площадь производственного помещения, которые должны приходиться на каждого работающего, согласно санитарным нормам, должны быть не менее 15 м³ и 4,5 м² соответственно. Лаборатория, в которой производилась разработка устройства, имеет размеры: ширина 5 м , длина 6 м , высота 3 м. Согласно штатному расписанию в помещение работает 3 человек, таким образом на каждого приходится по 30 м воздуха и 10 м³ площади, что удовлетворяет требованиям санитарных норм.

Классификация зрительных работ по точности определяется угловым размером и яркостным контрастом объекта наблюдения с фоном.

Объекты наблюдения классифицируются по размерам на шесть разрядов. В помещении лаборатории производится зрительная работа 5 разряда, малой точности. Наименьший объект различения 1 мм, это дорожка печатных плат, выводы электрорадиоэлементов. Подразряд зрительной работы "в". В соответствии с санитарными нормами освещение в этом помещении должно быть не менее 300 лк.

Естественное освещение положительно влияет не только на зрение, но также тонизирует организм человека в целом и оказывает благоприятное психологическое воздействие. В связи с этим все

помещения в соответствии с санитарными нормами и правилами должны иметь естественное освещение.

Количественная характеристика естественного освещения выражается через коэффициент естественного освещения (КЕО):

$$KEO = E_{\text{вн}} / E_{\text{н}} 100\%$$

где:

$E_{\text{вн}}$ - освещенность внутри помещения;

$E_{\text{н}}$ - освещенность наружная.

Для лаборатории минимальное значение $KEO_{\text{мин}}=4,2\%$, что удовлетворяет санитарным нормам.

Искусственное освещение применяется при работе в темное время суток и днем. Искусственное освещение обеспечивают во всех основных и вспомогательных помещениях производственных предприятий в соответствии с санитарными нормами проектирования предприятий. С его помощью создают наиболее благоприятные условия работы зрительного аппарата человека, оно должно быть экономичным, надежным и безопасным. Для обеспечения искусственного освещения требуется произвести его расчет, то есть определить:

- тип источников света;
- размещение источников света;
- мощность ламп.

Расчет искусственного освещения произведём, воспользовавшись методом коэффициента использования.

Исходными данными для расчета являются:

- размеры лаборатории (ширина $B=5\text{м}$, длина $A=6\text{м}$, высота $H=3\text{м}$).
- окраска стен, потолка - светлая.

Согласно санитарным нормам в соответствии с СанПиН 2.2.2.542-96 освещение в этом помещении должно быть не менее $E=300$ лк. Коэффициент запаса, учитывающий уменьшение светового потока

лампы в результате загрязнения светильников в процессе эксплуатации составляет 1,5.

В качестве светильников используем осветительную конструкцию ОДО - 2-40 с лампами ЛБ - 40, как наиболее экономичную и выгодную для работы, где не требуется различие световых оттенков.

Определим высоту подвеса светильников над рабочей поверхностью (B), приняв высоту рабочей поверхности от пола $B_p=0,8\text{м}$:

$$h=N-h_p(2)$$

$$h=3 - 0,8=2,2\text{м}$$

Индекс помещения, необходимый для нахождения коэффициента использования вычислим по формуле:

$$i = \frac{S}{h(A + B)}$$

где:

i - индекс помещения,

S -площадь помещения,

h - высота подвеса,

A - длина

B - ширина

$$i =$$

На основании таблицы 4-4 определяем коэффициент отражения стен и потолка: $S_c=50\%$, $S_p=70\%$.

Используя данные таблицы 2 , находим коэффициент использования $=52\%$.

Рассчитываем световой поток P , необходимый для получения нормальной освещенности 300 Лк.

$$F =$$

где: F - световой поток каждой из ламп; E - минимальная освещенность (300 Лк.); K - коэффициент запаса (1,5); γ - отношение средней освещенности к минимальной (1,1).

Световой поток получился равным $F = 13600$ Лм.

По типу лампы и мощности находим её световой поток. Для ламп ЛБ - 40 суммарный световой поток F , равен 3400 Лм.

Находим общее число светильников: $K = F/F_1 = 4$. Светильники установим в 3 ряда. Оптимальное расстояние между рядами найдём из соотношения: $L = 1,4h = 3$ м, где L - расстояние между светильниками; h - расстояние от рабочей поверхности до светильника. С учетом ширины помещения выбираем расстояние светильников от стен 1 метр.

Следует отметить, что в лаборатории также имеется 4 светильника подобной конструкции и, исходя из результатов расчетов, можно сказать, что лаборатория удовлетворяет требованиям санитарных норм.

Микроклимат рабочего места

Особое значение в рабочих помещениях занимает микроклимат. Для обеспечения нормальных метеорологических условий в рабочей зоне производственных помещений установлены нормы производственного микроклимата (ГОСТ 12.1.018-88), которые позволяют создать нормальные условия труда для работающих. Микроклимат в помещении определяют следующие параметры:

- температура воздуха в помещении;
- относительная влажность воздуха;
- тепловое излучение;
- скорость движения воздуха.

Данные параметры очень сильно влияют на человека, определяя его самочувствие. Параметры микроклимата, определяемые в лаборатории, соответствуют параметрам в таблице 1.

Параметры микроклимата.

Категория работы	Период года	Оптимальные нормы		
		Температура воздуха, С	Относительная влажность воздуха %	Скорость движения воздуха в м/с
Легкая	Теплый,	22-28	60-30	0.2-0.5
	Холодный, Переходный	20-25	60-30	0.2

Таблица 1

Все работы на предприятиях, по тяжести, подразделяют на категории, приведенные в таблице 2.

Категория работ	Энергозатраты, Дж/с
1 - легкая	до 172
2а - средней тяжести	172-232
2б - средней тяжести	232-293

Таблица 2

Работа в лаборатории относится к 1 категории тяжести труда. Легкая физическая работа, производимая сидя, или связана с ходьбой, но не требующая систематического физического напряжения, или поднятия, переноса тяжестей.

Следует отметить, что микроклимат в лаборатории соответствует требованиям санитарных норм, что видно из таблицы 1.

Расчет потребляемого воздухообмена.

При использовании припоя марки ПОС - 40, количество свинца, выделяемого за 1 час пайки определяется согласно формуле:

$M_{вр} =$

где:

a - содержание свинца в припое;

b - количество испарений в % от расхода свинца на пайку; $M_{вр}$ - количество свинца в воздухе.

$$M_{вр} = 0.6 \cdot 0.1 \cdot 0.001 \cdot 80 = 0.48 \text{ мг / час}$$

Потребляемый воздухообмен рассчитывается:

$$O = (M_{вр}) / (X_v - X_n)$$

где:

X_v - предельно допустимое содержание вредных веществ в воздухе возле рабочего места;

X_n - нормальное содержание вредных веществ.

$$Q = (0.48) / (0.1 - 0.0007) = 48 \text{ м}^3 / \text{час}$$

Получившееся значение показывает, что для поддержания нормальных условий достаточно естественного воздухообмена конвекцией. Помещение необходимо периодически проветривать.

Электромагнитное излучение промышленной частоты, действует на человека при работе в лаборатории. Отрицательное воздействие на человека оказывает электрическая составляющая этого поля. При напряжении промышленной сети 220В, влияние электромагнитного излучения практически можно не учитывать.

Уровень шума

Известно, что шум ухудшает условия труда, оказывая вредное воздействие на организм человека. При длительном воздействии шума на организм человека происходят нежелательные изменения: снижается острота зрения и слуха, повышается кровяное давление, притупляется внимание. Сильный продолжительный шум может быть причиной функциональных изменений сердечно-сосудистой и нервной системы. Учитывая тот факт, что шум оказывает неблагоприятное воздействие на процесс мышления и научной деятельности, в лаборатории уровень

внутренних шумов снижен до минимума, не превышающий предельно допустимый уровень 60 дБ, установленный ГОСТ 12.1.003-83 (1999), в лаборатории источники шума отсутствуют. Кроме того, здание, в котором находится лаборатория, удалено от сильных источников шума: центральных улиц, автомобильных и железных дорог, аэропортов и т.д.

6.1.2 Анализ опасных факторов производственной среды

По степени опасности поражения людей электрическим током, лаборатория относится к 2 классу - помещение повышенной опасности, т.к. она оснащена электрическим оборудованием и установками. Основными источниками опасности служит вероятность одновременного прикосновения человека к металлическому корпусу электрооборудования и заземленным металлоконструкциям, что обуславливает необходимость проведения мероприятий по предотвращению воздействия на человека такого опасного производственного фактора как электрический ток. Кроме того, неисправность электрооборудования и электропроводки может стать причиной термического поражения человека или возникновения пожара.

Опасность поражения человека электрическим током существует во всех случаях, когда используются электрические установки и оборудование.

Для предотвращения электрического поражения необходимо по возможности исключить причины поражения, к которым относят:

- случайные прикосновения к токоведущим частям, находящимся под напряжением;

- появление напряжения на механических частях электрооборудования (корпусах, кожухах и т.д.) в результате повреждения изоляции или других причин;

- появление напряжения на отключенных токоведущих частях, на которых работают люди в результате ошибочного включения;
- возникновения «шагового» напряжения на поверхности земли или опорной поверхности.

При наличии в лаборатории электроустановок для снижения опасности поражения людей электрическим током необходимо выполнение следующих условий:

- влажность в помещении не более 75%;
- температура воздуха не выше 35°C; Так, повышенная температура в помещении ускоряет старение изоляции, что приводит к снижению ее электрического сопротивления и даже к разрушению. При повышенной температуре воздуха снижается сопротивление тела человека вследствие испарины и увлажнения кожи.

- полы из электроизоляционного материала. Токопроводящий пол (металлический, железобетонный, кирпичный и т.д.) резко уменьшает сопротивление электрической цепи человека, поэтому требуется покрывать пол каким либо изолирующим материалом (линолеум, кафельная плитка).

Т.е обеспечение электробезопасности осуществляется соблюдением условий микроклимата. Согласно требованиям «Правил технической эксплуатации электроустановок потребителя», утвержденных Госэнергонадзором в 2003г., лаборатория, где производится проектирование прибора, оборудована следующим образом: - на распределительном щитке имеется рубильник для отключения общей сети электропитания;

- к каждому рабочему месту имеется разводка электропитания, оканчивающаяся розетками;
- во всех приборах имеются предохранители для защиты от перегрузок в общей сети питания и защиты сети при неисправности прибора.

Эксплуатация приборов должна соответствовать «Правилам технической эксплуатации» электроустановок промышленных предприятий. Согласно этим правилам необходимо исключить возможность прикосновения человека к токоведущим частям приборов. Для этого проводятся следующие мероприятия:

- учитывая, что все приборы и устройства по способу защиты человека от поражения электрическим током, в соответствии с ГОСТ 12.2.007.10-87 имеют класс не ниже 1, все приборы заземляются путем присоединения металлических корпусов или частей приборов к кольцевому заземлению, проведенному в лаборатории;
- сопротивление изоляции всех токоведущих проводников должно быть не менее 1 Мом;
- для подключения приборов должны использоваться только стандартные электрические разъемы;
- при проведении работ с включенными приборами строго соблюдается инструкция по технике безопасности;
- запрещено использование в работе неисправных приборов;
- конструкции приборов непромышленного производства, применяемых в работе, закрыты кожухами соответствующе степени защиты электрооборудования, согласно ГОСТ 12.1.019-79 (1996), исключающими прикосновение работающего к токоведущим частям, а также контактными площадками для подключения, заземляющего проводника. На задних стенках приборов и устройств, которые питаются от сети 220 В, 50 Гц имеется надпись красными буквами «Опасно! Высокое напряжение!».

В лаборатории, требования, приведенные выше, выполняются, поэтому ее можно отнести к помещениям без повышенной опасности поражения людей электрическим током. Это сухое помещение без повышенного напыления, температура воздуха - нормальная, пол помещения покрыт изоляционным материалом.

Повышенная электробезопасность при работе на установках в лаборатории обеспечивается применением защитного экрана, защитного заземления и т.д.

6.2. Региональная безопасность

Защита окружающей среды - это комплексная проблема, требующая усилий многочисленных людей. Наиболее активной формой защиты окружающей среды от вредного воздействия выбросов промышленных предприятий является полный переход к безотходным и малоотходным технологиям и производствам. Важным направлением экологизации промышленного производства следует считать совершенствование технологического процесса и разработку нового оборудования с меньшим уровнем выбросов, примесей и отходов в окружающую среду.

При изготовлении печатных плат встает проблема очистки воздуха от вредных паров свинца и других вредных веществ. Она может решаться применением очистительных воздушных фильтров. Продукты травления необходимо сдавать в соответствующие органы по утилизации отходов.

В качестве дополнительных средств защиты применяют: аппараты и системы для отчистки газовых выбросов, сточных вод от примесей; глушители шума при сбросе газов в атмосферу и др. эти средства защиты постоянно совершенствуются и широко внедряются в технологические и эксплуатационные циклы во всех отраслях народного хозяйства.

6.3. Организационные мероприятия обеспечения безопасности.

Организационно - технические мероприятия по обеспечению электробезопасности в помещениях:

- все лица, приступающие к работе с электрооборудованием должны пройти медицинский осмотр, вводный инструктаж по работе на месте;
- обеспечения постоянного контроля над качеством и исправностью защитных приспособлений, заземлений, занулений и т. Д.
- ремонтно-наладочные работы на действующем оборудовании производить только с использованием защитных средств;
- обеспечение недоступности токоведущих частей, находящихся под напряжением.

При монтаже и настройке аппаратуры следует соблюдать требования электробезопасности:

- работать только с исправным, изолированным инструментом;
- применять провода с неповрежденной изоляцией;
- производить пайку при отсутствии напряжения.

6.4. Особенности законодательного регулирования проектных решений.

Режим рабочего времени - совокупность правил, норм, установленных как на централизованном, так и на локальном уровнях, обеспечивающих управление и использование труда работников.

К элементам режима рабочего времени законодатель относит:

- продолжительность рабочей недели;
- продолжительность ежедневной работы (смены);
- время начала и окончания работы;
- время перерывов в работе;
- число смен в сутки;
- графики сменности;

- чередование рабочих и нерабочих дней.

Не могут ли работать лица до 18 лет, женщины. Предусмотрено специальное питание, медицинское страхование.

6.5. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.

Согласно строительным нормам и правилам (НПБ- 98) в зависимости от характеристики используемых в производстве веществ и их количества, по пожарной и взрывоопасноеTM все производства подразделяются на категории А, Б,В, Г, Д, Е. Лаборатория в которой выполнялись работы относится к категории В,характеризуемая наличием горючих веществ с температурой вспышки паров выше 61 ОС, твердых сгораемых веществ и материалов.

Источники возникновения пожаров:

- токи короткого замыкания;
- электрические дуги;
- оставление без присмотра, под напряжением электроустановок, паяльников и т.д.

- курение в пожароопасных местах, качестве профилактики пожарной безопасности проводятся организационные и технические мероприятия. Организационные мероприятия:

- проведение инструктажа по пожарной безопасности;
- использование наглядной агитации. Технические мероприятия:
- площадь сечения проводов выбирать в соответствии с протекающими через них токами;
- контактная аппаратура должна быть снабжена искр дугогасящими устройствами;
- использование исправных средств пожарной безопасности.

В корпусе, где находится лаборатория, проведена пожарная сигнализация, на основе из вещателей - датчиков, устанавливаемых на потолке, расположен пожарный щит, инвентарь которого имеет полный

комплект средств пожаротушения (ГОСТ 12.4.009-75). Можно использовать огнетушитель, ломы, багры, пожарные ведра, ящики с песком.

Стены лаборатории выполнены из противопожарного материала (кирпича, штукатурки).

Заключение

В данной выпускной работе разработано питающее устройство передвижного диагностического аппарата в полном соответствии с техническим заданием. Был проведен обзор литературы и изучены различные варианты построения главной цепи аппарата с преобразованием на повышенной частоте.

В результате был выбран вариант схемы, который позволяет более эффективно реализовать возможности частотного преобразования по улучшению массогабаритных и радиационных характеристик питающих устройств рентгеновских аппаратов. Разработана принципиальная схема главной цепи питающего устройства и проведен ее расчет.

Список литературы

1. Шмелев В. К. Рентгеновские аппараты. – М.: Энергия, 1973. – 472 с.
2. Блинов Н.Н. Рентгеновские питающие устройства. – М.: Энергия, 1980.–200 с.
3. Мутовин Ю.В. Рентгеновские аппараты для дефектоскопии на основе частотно-импульсного формирования рентгеновского излучения. Канд. д., - Томск, 1989г.
4. Мутовин Ю. В. Питающие устройства рентгеновских аппаратов и комплексов медицинского назначения: методическое пособие -Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2009. – 50с.
- 5.Рентгеновские трубки технического назначения. – Л.: Энергоатомиздат, Ленинградское отделение, 1989. – 200с.: ил.
6. Рентгенотехника. Справочник. Книга 1. (Клюев В.В., Соснин Ф.Р. и др.) Под ред. Клюева В.В. – М.: Машиностроение, 1992. – 480с.
7. Рентгенотехника. Справочник. Книга 2. (Клюев В.В., Соснин Ф.Р. и др.) Под ред. Клюева В.В. – М.: Машиностроение, 1992 – 368с.
8. Хараджа Ф.Н. Общий курс рентгенотехники, М.– Л., Энергия, 1966, 568 с.
9. Вавилов С.П. Импульсная рентгеновская техника. – М.: Энергия, 1981-120с., ил.
10. Мелешин В.И. Транзисторная преобразовательная техника. Москва: Техно сфера, 2005. – 632 с.
11. Резисторы: Справочник / под общ. ред. И.И. Четверткова и В.М. Терехова. – М.: Радио и связь, 1987. – 352с., ил.
12. Горячева Г.А., Добромыслова Е.Р. Конденсаторы: Справочник. – М.: Радио и связь, 1984. – 88с., ил. – Массовая радио библиотека. Вып. 1079.
13. Мощные полупроводниковые приборы: Диоды: Справочник; Под. ред. А.В. Голомедова – М.: Радио и связь, 1985. – 400с., ил.
- 14.Белов Г.А. Высокочастотные тиристорно-транзисторные преобразователи постоянного напряжения. – М.: Энергоатомиздат, 1987.

– 120 с., ил.

15. Китаев В.Е., Бокуняев А.А., Колканов М.Ф. Расчет источников электропитания устройств связи. – М.: Радио и связь, 1993. – 232с., ил.

16. Малогабаритные магнитопроводы и сердечники: Справочник/ И.Н. Сидоров, А.А. Христин и др. – М: Радио и связь, 1973. – 236с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

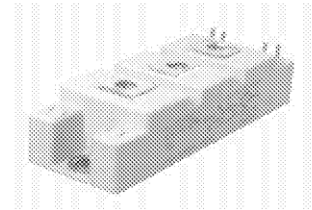


SEMIKRON

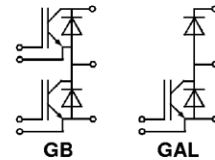
Absolute Maximum Ratings		Values ... 123 D	Units
Symbol	Conditions ¹⁾		
V _{CES}		1200	V
V _{CGR}	R _{GE} = 20 kΩ	1200	V
I _C	T _{case} = 25/80 °C	50 / 40	A
I _{CM}	T _{case} = 25/80 °C; t _p = 1 ms	100 / 80	A
V _{GES}		± 20	V
P _{tot}	per IGBT, T _{case} = 25 °C	310	W
T _J , (T _{stg})		- 40 ... +150 (125)	°C
V _{isol}	AC, 1 min.	2 500	V
humidity	DIN 40 040	Class F	
climate	DIN IEC 68 T.1	40/125/56	
Diodes			
I _F = - I _C	T _{case} = 25/80 °C	50 / 40	A
I _{FM} = - I _{CM}	T _{case} = 25/80 °C; t _p = 1 ms	100 / 80	A
I _{FSM}	t _p = 10 ms; sin.; T _J = 150 °C	550	
I _T	t _p = 10 ms; T _J = 150 °C	1500	A ² s

Characteristics		min.	typ.	max.	Units
Symbol	Conditions ¹⁾				
V _{(BR)CES}	V _{GE} = 0, I _C = 1 mA	≥ V _{CES}	—	—	V
V _{GE(th)}	V _{GE} = V _{CE} , I _C = 2 mA	4,5	5,5	6,5	V
I _{CES}	V _{GE} = 0 } T _J = 25 °C	—	0,3	1	mA
	V _{CE} = V _{CES} } T _J = 125 °C	—	3	—	mA
I _{GES}	V _{GE} = 20 V, V _{CE} = 0	—	—	200	nA
V _{CESat}	I _C = 40 A } V _{GE} = 15 V;	—	2,5(3,1)	3(3,7)	V
V _{CESat}	I _C = 50 A } T _J = 25 (125) °C	—	2,7(3,5)	—	V
g _{fs}	V _{GE} = 20 V, I _C = 40 A	—	30	—	S
C _{CHC}	per IGBT	—	—	350	pF
C _{ies}	V _{GE} = 0	—	3300	4000	pF
C _{oes}	V _{CE} = 25 V	—	500	600	pF
C _{res}	f = 1 MHz	—	220	300	pF
L _{CE}		—	—	30	nH
t _{d(on)}	V _{CC} = 600 V	—	70	—	ns
t _r	V _{GE} = + 15 V / - 15 V ³⁾	—	60	—	ns
t _{d(off)}	I _C = 40 A, ind. load	—	400	—	ns
t _f	R _{Gon} = R _{Goff} = 27 Ω	—	45	—	ns
E _{on} ⁵⁾	T _J = 125 °C	—	7	—	mWs
E _{off} ⁵⁾		—	4,5	—	mWs
Diodes ⁸⁾					
V _F = V _{EC}	I _F = 40 A } V _{GE} = 0 V;	—	1,85(1,6)	2,2	V
V _F = V _{EC}	I _F = 50 A } T _J = 25 (125) °C	—	2,0(1,8)	—	V
V _{TO}	T _J = 125 °C	—	—	1,2	V
r _T	T _J = 125 °C	—	—	22	mΩ
I _{RRM}	I _F = 40 A; T _J = 25 (125) °C ²⁾	—	23(35)	—	A
Q _{rr}	I _F = 40 A; T _J = 25 (125) °C ²⁾	—	2,3(7)	—	μC
Thermal Characteristics					
R _{thjc}	per IGBT	—	—	0,4	°C/W
R _{thjc}	per diode	—	—	0,7	°C/W
R _{thch}	per module	—	—	0,05	°C/W

SEMITRANS® M IGBT Modules SKM 50 GB 123 D SKM 50 GAL 123 D



SEMITRANS 2



Features

- MOS input (voltage controlled)
- N channel, Homogeneous Si
- Low inductance case
- Very low tail current with low temperature dependence
- High short circuit capability, self limiting to 6 * I_{Cnom}
- Latch-up free
- Fast & soft inverse CAL diodes⁸⁾
- Isolated copper baseplate using DCB Direct Copper Bonding Technology
- Large clearance (10 mm) and creepage distances (20 mm).

Typical Applications: → B 6 - 85

- Three phase inverter drives
- Switching (not for linear use)

¹⁾ T_{case} = 25 °C, unless otherwise specified

²⁾ I_F = - I_C, V_R = 600 V, - di_F/dt = 800 A/μs, V_{GE} = 0 V

³⁾ Use V_{GEoff} = -5 ... -15 V

⁵⁾ See fig. 2 + 3; R_{Goff} = 27 Ω

⁸⁾ CAL = Controlled Axial Lifetime Technology.

Case and mech. data → B 6 - 86
SEMITRANS 2