

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

Факультет информационных технологий и управления

Кафедра систем управления

Г. А. Кривинченко, Н. И. Сорока

**ТЕЛЕМЕХАНИКА.
КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ**

*Рекомендовано УМО по образованию в области информатики
и радиоэлектроники в качестве учебно-методического пособия
для специальности 1-53 01 07 «Информационные технологии
и управление в технических системах»*

Минск БГУИР 2017

УДК 621.398(076)
ББК 32.968я73
К82

Рецензенты:

кафедра управления информационными ресурсами
Академии управления при Президенте Республики Беларусь
(протокол №4 от 14.10.2015);

производственное частное унитарное предприятие «Влавас»
(протокол №6 от 07.10.2015)

Кривинченко, Г. А.

К82 Телемеханика. Курсовое проектирование : учеб.-метод. пособие /
Г. А. Кривинченко, Н. И. Сорока. – Минск : БГУИР, 2017. – 87 с. : ил.
ISBN 978-985-543-233-4.

Содержатся методические указания по проектированию телемеханических систем: телеуправления, телеизмерения, телерегулирования и передачи данных. Приведены основные требования, предъявляемые к телемеханическим системам, варианты индивидуальных заданий, требования и примеры выполнения разделов пояснительной записки и графического материала.

**УДК 621.398(076)
ББК 32.968я73**

ISBN 978-985-543-233-4

© Кривинченко Г. А., Сорока Н. И., 2017
© УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», 2017

Содержание

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 Цель и задачи курсового проектирования по дисциплине «Телемеханика»...	10
2 Тематика курсового проектирования.....	10
3 Содержание курсового проекта.....	11
4 Рекомендации и примеры выполнения разделов пояснительной записки	18
4.1 Введение	18
4.2 Область применения систем и описание технологического процесса.....	19
4.3 Структура системы	21
4.4 Алгоритмы функционирования системы	28
4.5 Структурная схема системы	32
4.6 Принципиальная электрическая схема системы	37
4.7 Расчетная часть	50
4.8 Системные расчеты.....	58
4.9 Разработка программного обеспечения.....	69
4.10 Оформление заключения	72
5 Темы курсовых проектов	74
5.1 Системы телеуправления и телесигнализации	74
5.2 Системы телерегулирования.....	77
5.3 Цифровые системы телеизмерения.....	79
5.4 Системы передачи данных.....	82
Список использованных источников	85

ВВЕДЕНИЕ

Извлечения из Положения об организации и проведении курсового проектирования в БГУИР, утвержденного ректором 11 декабря 2013 г. (нумерация пунктов соответствует пунктам положения)

1.1 Курсовое проектирование – один из видов самостоятельной работы студента, представляющий собой решение учебной или реальной профессиональной задачи по изучаемой дисциплине. Курсовое проектирование является обязательным элементом подготовки специалистов с высшим образованием и подготовительным этапом к выполнению дипломного проекта (работы, выпускной квалификационной работы). Является одной из форм текущей аттестации студента по учебной дисциплине. Виды курсового проектирования: курсовой проект; курсовая работа.

2.3 Темы курсовых проектов (работ) должны быть разработаны и утверждены до начала семестра, в котором предусмотрено курсовое проектирование по учебной дисциплине.

2.5 Для формирования у студентов умений и навыков работать в команде возможна выдача группового задания, предусматривающего работу нескольких студентов над одним проектом (работой). В этом случае каждому студенту должен быть четко очерчен круг его задач без снижения объема и уровня общих требований.

2.6 Студент вправе либо выбрать тему курсового проекта (работы) из числа предложенных преподавателем (кафедрой), либо самостоятельно предложить тему курсового проекта (работы) с обоснованием ее целесообразности.

2.10 Задание по курсовому проекту (работе) должно быть выдано студенту в сроки, установленные Постановлением Министерства образования Республики Беларусь от 29 мая 2012 г. №53, а именно:

- студенту очной и вечерней форм обучения в первые две недели после начала семестра, в котором учебными планами он предусмотрен;
- студенту заочной формы обучения на лабораторно-экзаменационной (установочной) сессии, предшествующей семестру, в котором учебными планами он предусмотрен.

3.1 Курсовой проект (работа) состоит из пояснительной записки и графической части. Он может включать макеты, модели, образцы и т. д. В курсовом проекте (работе) по отдельным дисциплинам графическая часть может быть заменена другим материалом по решению Научно-методического совета университета.

3.3 Графический материал и пояснительная записка выполняются только с использованием средств вычислительной техники, оформляются в соответствии с требованиями, приведенными в стандарте предприятия СТП 01–2013, и методическими указаниями кафедры к выполнению курсового проекта (работы) по данной дисциплине.

4.3 Консультации по курсовому проекту (работе) для студентов дневной формы обучения организуются еженедельно (как правило, один час в неделю).

На консультациях руководитель должен проверять состояние работы над проектом, давать конкретные указания по преодолению затруднений, анализировать типовые ошибки, помогать студентам находить рациональные пути их устранения. График консультаций преподавателя доводится до сведения студентов (вывешивается на кафедральной доске объявлений).

4.4 Студент обязан после каждого этапа проектирования представлять руководителю выполненные расчеты, схемотехнические решения и другие материалы на проверку. Руководитель проверяет сделанную работу, указывает ошибки, разъясняет недоработанные места и дает рекомендации по их исправлению.

4.5 Руководитель представляет в деканат информацию о проценте выполнения курсового проекта (работы) каждым студентом в срок, установленный календарным планом.

4.6 Законченный курсовой проект (работа), подписанный студентом, представляется руководителю в срок, установленный календарным планом. Выполненный курсовой проект (работа) может быть сдан на проверку руководителю до срока, указанного в календарном плане.

4.7 Руководитель проверяет полноту представленных материалов, соответствие их заданию, выясняет готовность проекта (работы) к защите и по согласованию со студентом устанавливает дату защиты.

4.8 В случае неготовности курсового проекта (работы) либо необходимости внести поправки студенту предоставляется дополнительный срок (с конкретным указанием требуемых исправлений).

После внесения исправлений и доработки курсового проекта (работы) студент повторно представляет руководителю курсовой проект (работу) для проверки и защиты, но не позднее чем за три дня до защиты. Устранение недостатков, отмеченных руководителем, контролируется комиссией в процессе защиты.

5.1 Текущая аттестация в форме защиты курсового проекта (работы) производится комиссией, которая формируется заведующим кафедрой в составе не менее двух человек с участием руководителя курсового проекта. На защите возможно присутствие студентов группы (потока).

5.3 Защита курсовых проектов (работ) по «групповому» заданию, предусматривающему работу нескольких студентов над одним проектом (работой), должна в обязательном порядке осуществляться в один день и при участии всех исполнителей, участвовавших в разработке проекта. Защиту таких проектов целесообразно организовывать в строгой последовательности отдельных частей, логически вытекающих одна из другой. Порядок такой защиты должен быть оговорен заранее на стадии выдачи задания и доведен до каждого исполнителя.

5.4 Защита состоит в коротком (5–10 мин) докладе студента по выполненному проекту и в ответах на вопросы членов комиссии. Студент должен при защите проекта (работы) дать четкие объяснения по существу проекта (работы). Доклад может сопровождаться электронной презентацией, разработанной студентом.

5.5 Комиссия оценивает результаты защиты каждого курсового проекта (курсовой работы) и принимает решение об отметке, учитывая при этом полностью представленного материала, обоснованность принятых решений, содержание доклада, ответы на вопросы, соблюдение требований стандартов к графическим и текстовым документам.

Положительные отметки вносятся в зачетно-экзаменационную ведомость и зачетную книжку.

Неудовлетворительные отметки [1 (один), 2 (два) или 3 (три) балла] вносятся в зачетно-экзаменационную ведомость, а в зачетную книжку не вносятся.

Любая отметка, положительная или неудовлетворительная, должна быть записана на титульном листе пояснительной записки, указана дата аттестации и поставлены подписи преподавателей.

Неявка студента в установленные сроки защиты курсового проекта (работы) отмечается в зачетно-экзаменационной ведомости словами «не явился».

В случае неявки студента по уважительной причине, подтвержденной документально, декан факультета слова «не явился» дополняет словами «по ув. причине».

Неявка студента без уважительной причины оценивается деканом отметкой «1 балл», а студент считается имеющим академическую задолженность.

5.6 Зачетно-экзаменационная ведомость является обязательным документом во время защиты студентом курсового проекта (курсовой работы). Она должна быть подписана деканом факультета, скреплена печатью факультета и иметь порядковый номер, присвоенный в журнале выдачи зачетно-экзаменационной ведомости.

5.7 Передача неудовлетворительной отметки, полученной при защите курсового проекта (работы), или защита курсового проекта (работы) студентом, не явившимся на защиту без уважительной причины, допускается один раз на платной основе в соответствии с приказом ректора университета №40 от 24.02.2010 г. «Об организации повторной текущей и итоговой аттестации студентов первой и второй ступени образования, аспирантов, соискателей ученых степеней».

5.8 Для повторной защиты курсового проекта (курсовой работы) деканом факультета назначается комиссия в составе не менее трех человек, включая руководителя курсового проекта (работы), и устанавливается срок ее работы не позднее чем дата проведения второго экзамена экзаменационной сессии, с которым должен быть ознакомлен студент.

В случае получения неудовлетворительной отметки или неявки студента при повторной защите курсового проекта (работы) студент считается не ликвидировавшим академическую задолженность в установленные сроки.

5.9 При наличии уважительных причин студенту продлевается срок представления и защиты курсового проекта (курсовой работы), устанавливаемый деканом факультета.

5.10 К студенту, не представившему курсовой проект (работу) в установленный срок по неуважительной причине, применяются меры дисциплинарного взыскания: замечание, выговор, отчисление.

5.11 Курсовые проекты (работы), имеющие теоретический и практический интерес, рекомендуется представлять на конкурс научных работ студентов.

5.12 Итоги выполнения курсовых проектов (работ) обсуждаются на кафедрах и по мере необходимости, или в соответствии с планом работы, – на заседаниях Совета факультета.

6.1 После защиты курсовые проекты (работы) хранятся на кафедрах в течение двух лет. Хранение организует материально ответственное лицо. Кафедрам предоставляется право увеличения срока хранения отдельных проектов с ответственностью за их сохранность и соблюдение правил использования. По истечении срока хранения курсовые проекты уничтожаются по акту.

Календарный план мероприятий по организации и проведению курсового проектирования в БГУИР

Наименование мероприятия	Срок исполнения	Ответственные за исполнение
1	2	3
1 Разработка тематики курсовых проектов (работ)	До начала учебного семестра, в котором запланировано курсовое проектирование	Заведующие кафедрами
2 Выдача студентам заданий по курсовому проекту (работе) и представление информации в деканаты	<i>Дневная и вечерняя формы обучения</i> Осенний семестр – до 15.09. Весенний семестр: 1–3 курс – до 24.02; 4–5 курс – до 15.02 текущего учебного года. <i>Заочная (в том числе дистанционная) форма обучения.</i> Выдача заданий – на установочной сессии и в первый «день заочника». Представление информации: Осенний семестр – до 01.10. Весенний семестр – до 01.03	Руководители курсовых проектов (работ)
3 Представление информации в деканаты о ходе выполнения студентами заданий по курсовому проектированию: 1-я контрольная точка	<i>Для всех форм обучения</i> Осенний семестр – до 15.10. Весенний семестр – до 15.03 текущего учебного года	Руководители курсовых проектов (работ)
4 2-я контрольная точка	<i>Для всех форм обучения</i> Осенний семестр – до 15.11. Весенний семестр – до 15.04 текущего учебного года	Руководители курсовых проектов (работ)
5 3-я контрольная точка	<i>Для всех форм обучения</i> Осенний семестр – до 15.12. Весенний семестр – до 15.05 текущего учебного года	Руководители курсовых проектов (работ)

1	2	3
<p>6 Представление студентами готовых курсовых проектов (работ) руководителям для проверки</p>	<p><i>Дневная и вечерняя формы обучения</i> Осенний семестр: 1–3 курс – с 10.12 по 26.12. 4–5 курс – с 01.12 по 15.12. Весенний семестр: 1–3 курс – с 20.05 по 05.06. 4 курс – с 25.04 по 10.05 текущего учебного года.</p> <p><i>Заочная форма обучения</i> Не позднее чем за одну неделю до лабораторно-экзаменационной сессии.</p> <p><i>Дистанционная форма обучения</i> Не позднее чем за одну неделю до лабораторно-зачетно-экзаменационной сессии</p>	<p>Студенты первой степени высшего образования</p>
<p>7 Представление информации в деканаты о сдаче студентами готовых курсовых проектов (работ) руководителям для проверки</p>	<p><i>Дневная и вечерняя формы обучения</i> Осенний семестр: 1–3 курс – по 27.12. 4–5 курс – по 16.12. Весенний семестр: 1–3 курс – по 06.06. 4 курс – по 11.05 текущего учебного года.</p> <p><i>Заочная (в том числе дистанционная) форма обучения</i> За три дня до начала экзаменационной сессии</p>	<p>Руководители курсовых проектов (работ)</p>
<p>8 Защита студентами курсовых проектов (работ)</p>	<p><i>Дневная и вечерняя формы обучения</i> Осенний семестр: 1–3 курс – с 13.12 по 02.01. 4–5 курс – с 04.12 по 21.12. Весенний семестр: 1–3 курс – с 23.05 по 12.06. 4 курс – с 28.04 по 17.05 текущего учебного года.</p> <p><i>Заочная форма обучения</i> В ходе семестра во время консультаций и в течение лабораторно-экзаменационной сессии, но не позднее чем за два дня до экзамена по соответствующей учебной дисциплине (при отсутствии экзамена – до окончания лабораторно-экзаменационной сессии)</p> <p><i>Дистанционная форма обучения</i> В течение лабораторно-зачетно-экзаменационной сессии, за два дня до экзамена по соответствующей учебной дисциплине</p>	<p>Заведующие кафедрами, руководители курсовых проектов (работ)</p>

1	2	3
<p>9 Представление информации в деканаты о защите студентами курсовых проектов (работ)</p>	<p><i>Дневная и вечерняя формы обучения</i> Осенний семестр: 1–3 курс – по 03.01. 4–5 курс – по 22.12. Весенний семестр: 1–3 курс – по 13.01. 4 курс – по 18.05 текущего учебного года.</p> <p><i>Заочная (в том числе дистанционная) форма обучения</i> За один день до экзамена по соответствующей учебной дисциплине (при отсутствии экзамена – до окончания лабораторно-экзаменационной сессии)</p>	<p>Заведующие кафедрами, руководители курсовых проектов (работ)</p>

Библиотека БГУИР

1 ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ТЕЛЕМЕХАНИКА»

1.1 Целью курсового проектирования является разработка систем преобразования и автоматической передачи на расстояние информации для управления различными объектами (подвижными и неподвижными) и контролю за их состоянием.

1.2 Курсовой проект – это самостоятельная работа студента, направленная на создание технического, информационного и программного обеспечения разрабатываемой телемеханической системы.

1.3 Выполнение курсового проекта по телемеханике ставит своей целью подготовить студентов к выполнению более сложной инженерной задачи – дипломному проектированию.

Задачами курсового проекта (работы) как этапа подготовки к дипломному проектированию являются:

- освоение, углубление и обобщение знаний, полученных студентами в процессе обучения;
- приобретение практических навыков расчета конкретной инженерной или инженерно-экономической задачи и развитие творческих подходов;
- формирование умений использовать справочную литературу, нормативную, техническую документацию, осуществлять патентный поиск;
- привитие навыков по оформлению текстовой и графической документации согласно требованиям государственных стандартов и стандарта предприятия СТП 01–2013.

2 ТЕМАТИКА КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

2.1 Тематика курсовых проектов разрабатывается преподавателями кафедры, ведущими данный предмет. Предмету «Телемеханика» соответствует тематика, связанная с проектированием устройств телеуправления (ТУ), телеизмерений (ТИ), телеконтроля (ТК), телерегулирования (ТР) и передачи дискретной (цифровой) информации (ПДИ).

2.2 Выбор темы КП производится студентами самостоятельно, а номер варианта указывается преподавателем. Тема курсового проекта может быть предложена и студентами (особый случай) [1].

2.3 Согласование темы и варианта заканчивается заполнением студентом задания на курсовое проектирование и подписанием его преподавателем.

2.4 Задание по курсовому проекту выдается студентам в сроки, установленные календарным планом мероприятий по организации и проведению курсового проектирования в БГУИР [1].

3 СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

3.1 Курсовой проект состоит из пояснительной записки и графической части. Он может включать макеты, компьютерные (имитационные) модели, разработку и установку новых лабораторных работ, методические разработки по применению мультимедийных и других технологий для проведения учебных занятий, разработку и изготовление наглядных пособий и других материалов, относящихся к дисциплине «Телемеханика».

3.2 Объем пояснительной записки и форматы листов графической части не нормируются.

3.3 Пояснительная записка включает следующие элементы:

- титульный лист;
- реферат;
- техническое задание;
- содержание;
- перечень принятых сокращений и буквенных обозначений;
- введение;
- основной текст пояснительной записки;
- заключение;
- список использованных источников;
- приложения к тексту пояснительной записки;
- спецификации;
- ведомость документов к курсовому проекту.

Указанную последовательность элементов рекомендуется принять за порядок размещения частей пояснительной записки.

3.4 Титульный лист является первым листом пояснительной записки. Пример оформления формы приведен на рисунке 3.1.

Ниже наименования темы приводят обозначение пояснительной записки, которое должно состоять из обозначения документа, к которому оно относится.

Обозначение документа включает в себя пятибуквенный код организации – БГУИР, двухбуквенный код типа документа: КП – курсовой проект; шестизначный код классификационной характеристики специальности – 53 01 07; трехзначный код варианта задания (указывается преподавателем); ПЗ – пояснительная записка.

Страницу титульного листа не нумеруют, но включают в общее количество страниц.

3.5 Реферат выполняют по ГОСТ 7.9–95. Слово РЕФЕРАТ записывают прописными буквами полужирным шрифтом по центру, страницу не нумеруют, но включают в общее количество страниц пояснительной записки.

Содержание реферата включает пять-шесть ключевых (значимых) слов, краткое и точное изложение результатов курсового проекта, т. е. основных сведений и выводов, к которым пришел студент.

Учреждение образования
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

Факультет информационных технологий и управления

Кафедра систем управления

Дисциплина «Телемеханика»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к курсовому проекту
на тему

АДАПТИВНАЯ ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА

БГУИР КП 53 01 07 217 ПЗ

Студент группы 722402 В. М. Данилов

Руководитель: доцент кафедры СУ Н. П. Журавский

Минск, 20XX

Рисунок 3.1 – Пример оформления титульного листа пояснительной записки к курсовому проекту

Объем реферата ограничен текстом, который можно разместить на одной странице пояснительной записки. Рекомендуемый объем реферата 800–1000 печатных знаков. Пример оформления реферата приведен на рисунке 3.2.

РЕФЕРАТ

Пояснительная записка: страниц 44, таблиц 8, рисунков 17.

УРОВНЕМЕТР, ЛИНЕЙНЫЙ БЛОК, ДИСПЕТЧЕРСКИЙ ПУНКТ, ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТЬ, НАДЕЖНОСТЬ.

Курсовой проект посвящен разработке системы сбора данных от рассредоточенных источников информации.

Произведен выбор наиболее перспективных методов считывания информации с кодирующих дисков, разработаны алгоритмы, структурные и принципиальные схемы телеметрической системы, произведен анализ дестабилизирующих факторов в проводных линиях связи, проведены лабораторные испытания линейных блоков, разработано программное обеспечение.

Пояснительная записка состоит из введения, заключения и семи разделов: описание технологического процесса, алгоритмы функционирования системы, структурной схемы системы, принципиальной электрической схемы системы, расчетной части, системных расчетов, программного обеспечения.

Результаты работы являются основой для опытно-конструктивной разработки телеметрической системы контроля массы горючесмазочных материалов.

Рисунок 3.2 – Пример оформления реферата

3.6 Задание представляет собой стандартную форму, выдаваемую кафедрой и заполненную студентом. Допускается оформление технического задания с использованием ЭВМ. Пример оформления лицевой и оборотной стороны задания приведены на рисунках 3.3 и 3.4 соответственно.

Лицевую и оборотную страницы технического задания не нумеруют, но включают в общее количество страниц пояснительной записки.

3.7 Содержание помещают сразу после задания по курсовому проекту. Слово **СОДЕРЖАНИЕ** пишут прописными буквами полужирным шрифтом. В содержание включают перечень принятых сокращений, введение, заголовки всех частей пояснительной записки, в том числе разделов и подразделов, приложений, спецификаций и ведомость документов.

Расположение документов в содержании должно точно отражать последовательность и соподчиненность разделов и подразделов в тексте пояснительной записки [2].

Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

Факультет информационных технологий и управления

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой СУ _____

(подпись)

20 г.

ЗАДАНИЕ
по курсовому проектированию

Студенту Успенскому Эдуарду Алексеевичу

1 Тема проекта Комплекс устройств телемеханики для территориально-распределенных объектов

2 Срок сдачи студентом законченного проекта XX ***** 20XX г.

3 Исходные данные к проекту Число КП – 99; число сообщений ТС с КП – 120; число сообщений ТИН с ПУ – 120; тип объекта управления – двухпозиционный; число кодовых команд задания установок регуляторам – 48; расположение объектов – территориально-распределенное; вся информация, поступающая на ПУ, должна вводиться в ЭВМ; защита сообщений ТС, ТИИ, ТУ и КК – кодом с двукратным повторением и дополнительной защитой каждого байта кодом с защитой по паритету; защита сообщений ТИТ и ПСИ – кодом с защитой по паритету; все адреса, передаваемые с ПУ на КП, защищаются информационной обратной связью; сигнализация неисправности оборудования и линии связи – после трехкратного сбоя; удельная мощность шума $P_o = 10^{-2}$ Вт/Гц; регистрирующие устройства – аналоговые и цифровые.

4 Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень вопросов, которые подлежат разработке):

Введение.

1 Область применения системы и описание технологического процесса.

2 Структура системы.

Рисунок 3.3 – Пример оформления лицевой стороны листа задания

3 Алгоритм функционирования системы.

4 Структурная схема системы.

5 Принципиальная электрическая схема системы.

6 Расчетная часть.

7 Системные расчеты.

8 Программное обеспечение.

Заключение.

5 Перечень графического материала (с точным обозначением обязательных чертежей и графиков):

1 Схема алгоритма работы ПУ и КП.

2 Схема электрическая структурная ПУ и КП.

3 Схема электрическая принципиальная ПУ и КП.

6 Консультант по проекту (с обозначением разделов проекта) А. М. Крупский

7 Дата выдачи задания XX xxxxxxxx 20XX г.

8 Календарный график работы над проектом на весь период проектирования (с обозначением сроков выполнения и трудоемкости отдельных этапов):

разделы 1, 2 к xx xx – 15 % (продолжительность – две недели);

раздел 3 к xx xx – 10 % (продолжительность – одна неделя);

разделы 4, 5 к xx xx – 35 % (продолжительность – три недели);

разделы 6, 7 к xx xx – 15 % (продолжительность – две недели);

раздел 8 к xx xx – 10 % (продолжительность – одна неделя);

Оформление пояснительной записки и графического материала к xx xx – 15 % (продолжительность – две недели);

Защита курсового проекта с xx по xx (продолжительность – две недели).

РУКОВОДИТЕЛЬ А. М. Крупский
(подпись)

Задание принял к исполнению Э. А. Успенский
(дата и подпись студента)

Рисунок 3.4 – Пример оформления оборотной стороны листа задания

3.8 Перечень принятых сокращений и буквенных обозначений помещают после содержания на отдельной странице. Пример оформления перечня приведен на рисунке 3.5. При этом первое сокращение в тексте записки указывают в скобках после полного названия.

Перечень принятых сокращений и буквенных обозначений	
АМП	– амплитудная манипуляция
КАМ	– квадратурная амплитудная модуляция
АДМ	– амплитудный демодулятор
УЗО	– устройство защиты от ошибок
ДИ	– датчик измерительный
ФНЧ	– фильтр нижних частот
α	– коэффициент потенциальной помехоустойчивости
T	– период импульсной поднесущей
$t_{\text{и}}$	– длительность информационного импульса
F	– частота несущего колебания

Рисунок 3.5 – Пример оформления перечня принятых сокращений и буквенных обозначений

3.9 Введение начинают писать на отдельной странице. Оно должно быть кратким и четким. Во введении не должно быть общих мест и отступлений, непосредственно не связанных с разрабатываемой темой.

Рекомендуется следующее содержание введения:

- актуальность и значение темы;
- цель курсового проектирования;
- краткое изложение содержания разделов пояснительной записки с обязательным указанием задач, решению которых они посвящены.

Пример оформления введения приведен в подразделе 4.1.

3.10 Основной текст пояснительной записки включает следующие разделы и подразделы:

- 1) область применения системы и описание технологического процесса;
- 2) структура системы:
 - выбор линии связи и ее конфигурации;
 - структура сигналов между пунктом управления (ПУ) и контролируемым пунктом (КП), между КП и ПУ;
 - обобщенная структура системы;
- 3) алгоритм функционирования системы:
 - алгоритм функционирования ПУ;
 - алгоритм функционирования КП;
- 4) структурная схема системы:
 - структурная схема ПУ;
 - структурная схема КП;

5) принципиальная электрическая схема системы:

- выбор элементной базы;
- принципиальная электрическая схема ПУ;
- принципиальная электрическая схема КП;

б) расчетная часть:

- энергетический расчет линии связи;
- расчет временных и частотных параметров (периода опроса датчиков, длительности сигналов ТУ, ТС, ТИ; числа разделов каждой функции; длительность бита и сигнального символа; частоты генератора тактовых импульсов; спектра сигнала в линии связи полосы частот и др.);

7) системные расчеты:

- надежность систем ПУ и КП;
- помехоустойчивость;
- скорость передачи команды ТУ, сообщения ТС, отчета ТИ, символа и бита передач данных;
- пропускной способности канала связи;

8) программное обеспечение:

- обоснование выбора языка программирования;
- схема программ и их описание.

Примеры оформления разделов и подразделов пояснительной записки поясняются на конкретных примерах раздела 4.

3.11 Заключение пишут на отдельной странице. В нем подводятся итоги проектирования, формулируются основные результаты и выводы по каждому из разделов пояснительной записки.

Результаты следует излагать в форме констатации фактов, используя следующие слова: изучены, исследованы, сформулированы, показано, разработано, предложена, подготовлена, изготовлена, испытана и т. п. Текст заключения должен быть кратким, ясным и содержать конкретные данные.

Объем заключения должен находиться в пределах 1-2 страниц пояснительной записки. Пример оформления заключения приведен в подразделе 4.10.

3.12 Список использованных источников следует оформлять по ГОСТ 7.1–2003. Пример оформления приведен в [2]. В пояснительной записке должны быть даны ссылки на все перечисленные источники.

3.13 В приложения следует выносить информацию, имеющую справочное или второстепенное значение, но необходимую для полного освящения темы проекта или помещать материалы (листинги разработанных программ) для удобства работы с текстом пояснительной записки. Правила оформления приложений изложены в [2].

3.14 Перечень элементов принципиальных электрических схем оформляется на специальных листах формата А4 и помещается в пояснительной записке перед ведомостью документов. Пример оформления перечня элементов представлен в [2].

3.15 Ведомость документов к курсовому проекту является последним листом пояснительной записки. Форма ведомости и ее оформление приведены в [2].

При этом в графе «Обозначение» и в штампе выносятся сведения, касающиеся только курсового проекта.

3.16 Пояснительная записка и графический материал оформляются в соответствии с требованиями [2].

4 РЕКОМЕНДАЦИИ И ПРИМЕРЫ ВЫПОЛНЕНИЯ РАЗДЕЛОВ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

4.1 Введение

Во введении указываются актуальность темы и сведения, раскрывающие суть разрабатываемой системы.

Пример 4.1. Составить введение к курсовому проекту на тему «Система телеуправления».

Решение.

ВВЕДЕНИЕ

Курсовой проект посвящен разработке системы телеуправления наземным технологическим оборудованием стартового комплекса запуска космических аппаратов, реализующей базовые принципы интеграции программно-технических комплексов в единое информационное пространство.

Пуск ракетносителя – это сложный технический процесс, для обеспечения которого требуется слаженная работа большого количества технологического оборудования. Ракетноситель сам по себе является сложным объектом, но помимо этого его необходимо подготовить, установить, обеспечить температурный режим, заправить компонентами топлива, дозаправить по мере естественного испарения криогенных компонентов топлива, снабдить сжатыми газами и пр. Во время пуска необходимо обеспечивать слаженную работу наземных систем, осуществлять управление бортовыми системами в процессе пусковых операций, управлять наземным оборудованием, ответственным за пуск. В случае переноса или отмены пуска необходимо осуществить соответствующие операции: слив компонентов топлива, подготовку ракеты к снятию со стартового сигнала и пр. Для всего этого используется комплекс наземного технологического оборудования, которым необходимо управлять.

Исторически на стартовом комплексе каждой отдельной системой наземного технологического оборудования управляет собственный программно-технический комплекс. Эти сравнительно маленькие системы управления решают свой узкий круг задач и обмениваются между собой минимальным перечнем команд и сигналов. Говорить о гибкости такой системы, синхронизации данных, архивировании событий не приходится.

В курсовом проекте предполагается рассмотреть принципиально иной подход к созданию систем телеуправления, объединяющий разрозненные про-

граммно-технические комплексы в единый информационно-управляющий комплекс, что позволит:

- значительно расширить круг задач, решаемых системой управления;
- обеспечить оператора и руководителя работ всей полнотой информации о состоянии наземного оборудования как единого целого;
- поднять безопасность и надежность стартового комплекса на новый уровень;
- значительно увеличить общую информативность системы;
- обеспечить архивирование событий;
- автоматизировать процесс формирования отчетов.

Следует также отметить, что ракета, заправленная компонентами топлива, является взрывоопасным объектом большой разрушительной силы. Персонал, управляющий пусковыми операциями, размещается на значительном удалении от стартового стола (командный пункт находится на расстоянии в 1,5 км). Таким образом, система телеуправления подобными объектами обязана быть территориально-распределенной.

Пояснительная записка состоит из восьми разделов.

В первом разделе приводится подробное описание процесса подготовки и запуска космического аппарата, а также объектов управления.

Во втором разделе произведен выбор линии связи и ее конфигурация.

В третьем разделе описывается алгоритм функционирования КП и ПУ.

Четвертый раздел посвящен разработке структурных схем ПУ и КП.

В пятом разделе на основании анализа исходных условий произведен выбор элементной базы, разработана и подробно описана принципиальная электрическая схема системы.

Шестой раздел посвящен расчету временных и частотных параметров системы и энергетическому расчету линии связи.

В седьмом разделе определены основные информационные характеристики системы.

Восьмой раздел посвящен программному обеспечению телемеханического комплекса.

4.2 Область применения систем и описание технологического процесса

В данном разделе описывается объект внедрения и назначение телемеханической системы, приводится технологическая схема, на которой указываются места установки датчиков и исполнительных механизмов.

Пример 4.2. Дать описание системы телеконтроля, применяемой в коммунальном хозяйстве.

Решение. В настоящий момент реконструируется теплоиспользующее оборудование на промышленных предприятиях и в энергетической отрасли. Объектом внедрения системы телеконтроля выбран газомазутный водогрейный

котел, используемый на ТЭЦ. Котел водотрубный, имеет Т-образную сомкнутую компоновку с прямоточным движением среды. Поверхности нагрева котла симметрично расположены в опускных газоходах. Топка и опускной газоход имеют общие промежуточные экраны.

Система телеконтроля предназначена для автоматизированного контроля 22 штатных параметров котла, оперативного отображения их значений на мониторе, логического контроля, масштабирования и фиксации данных на жестком диске ПЭВМ с переходом 5 с.

В таблице 4.1 приведен перечень контролируемых параметров в последовательности их опроса и архивирования. Условные обозначения параметров соответствуют надписям на схеме котла (рисунок 4.1), выводимой на экран монитора. Каждому параметру соответствует свой тип датчика и преобразователя.

Таблица 4.1 – Перечень контролируемых параметров

Номер параметра	Параметр	Единица измерения	Обозначение
1	Температура дымовых газов до КП 2 (справа)	°С	T'dg KP2
2	Температура дымовых газов за КП 2 (справа)	°С	T''dg KP2
3	Температура газозвдушной смеси (слева)	°С	Tg.v.sm.l
4	Температура дымовых газов до КП2 (слева)	°С	T'dg KP2
5	Температура дымовых газов за КП2 (слева)	°С	T''dg KP2
6	Температура дымовых газов на поверхности котла справа	°С	Tdg.p
7	Температура дымовых газов на поверхности котла слева	°С	Tdg.l
8	Температура газозвдушной смеси справа	°С	Tg.v.sm.p
9	Давление газа за редукционным клапаном	кг/см ²	Pg
10	Давление мазута до котла	кг/см ²	Pm
11	Давление воды до котла	кг/см ²	P'v
12	Давление воды за котлом	кг/см ³	P''v
13	Расход природного газа	нм ³ /ч	Qg
14	Расход мазута	т/ч	Qm
15	Расход воды за котлом	м ³ /ч	D''
16	Содержание кислорода справа	%	O2.p
17	Температура сетевой воды за котлом	°С	t''v
18	Температура сетевой воды до котла	°С	t'v
19	Температура мазута	°С	tm
20	Температура воздуха до калорифера	°С	T'kl
21	Температура воздуха за калорифером	°С	T''kl
22	Температура газов за котлом	°С	t _{yx}

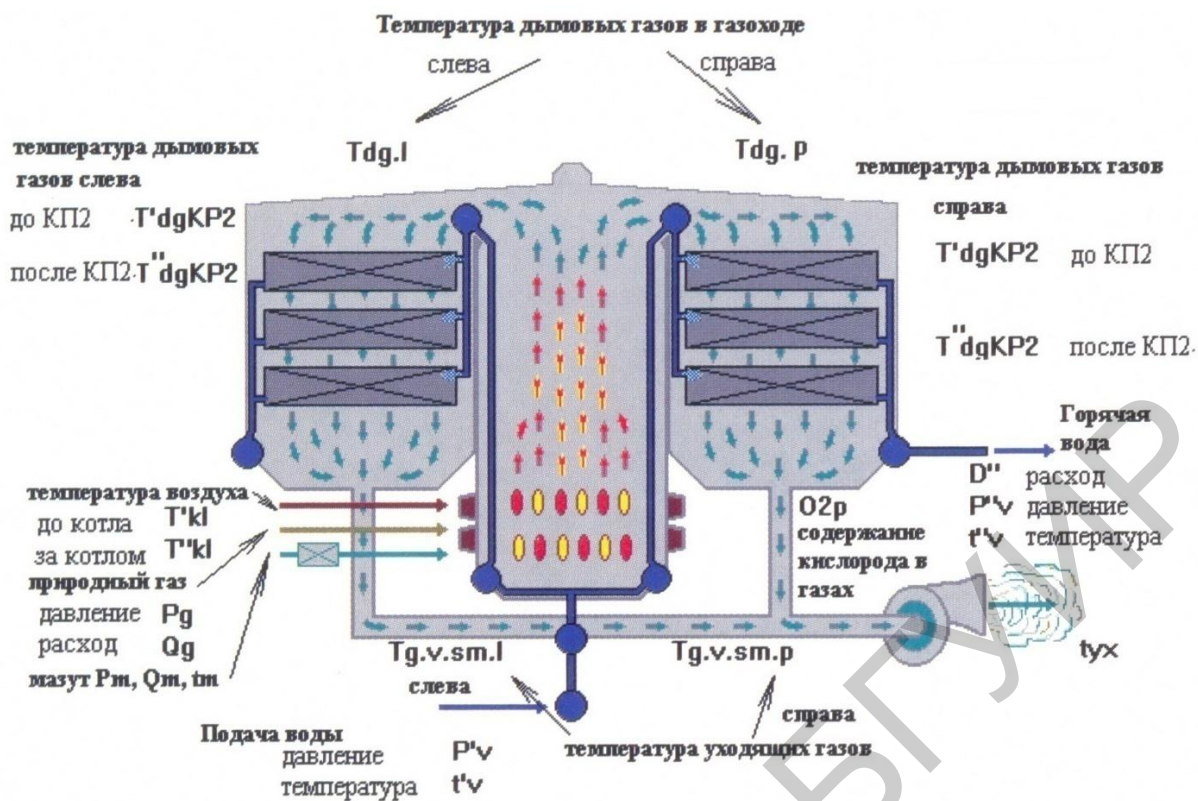


Рисунок 4.1 – Схема водогрейного котла и основные контролируемые параметры

4.3 Структура системы

В этом разделе на основании анализа технических заданий и области применения системы производится выбор линии связи (физическая, телефонная коммутируемая или некоммутируемая, радио) и ее конфигурации («точка-точка», радиальная «точка-точка», радиальная многоточечная, цепочная, многоточечная кольцевая, смещенная); разрабатывается структура сигналов между ПУ и КП, между КП и ПУ; составляется структура системы, определяется состав оборудования; указывается назначение устанавливаемых устройств и как обеспечивается автоматический контроль исправности аппаратуры ПУ и КП, короткого замыкания или обрыва линии связи.

На основании объемов передаваемых сообщений с ПУ на КП и обратно принимается решение о групповом или индивидуальном выборе объектов.

Пример 4.3. Произвести выбор типа линии связи и ее конфигурации для системы примера 4.2, если число КП (котлов) равно трем, а число контролируемых параметров на одном КП – 22.

Решение. Учитывая, что водогрейные котлы относятся к числу сложных теплотехнических агрегатов, к которым предъявляются жесткие требования с точки зрения надежности функционирования, а следовательно, и к системе доставки информации о контролируемых 22 параметрах с каждого объекта, считаем целесообразным применение физической линии связи с конфигурацией

радиальная «точка-точка» (рисунок 4.2). В качестве физической линии выбираем из подраздела 3.1 [11] кабель Data Twist 350 UTP категории 5+ 1700 А со следующими параметрами: волновое сопротивление – (100 ± 12) Ом, максимальная емкость – 66 пФ/м, максимальное затухание – 10,3 дБ/100 м.

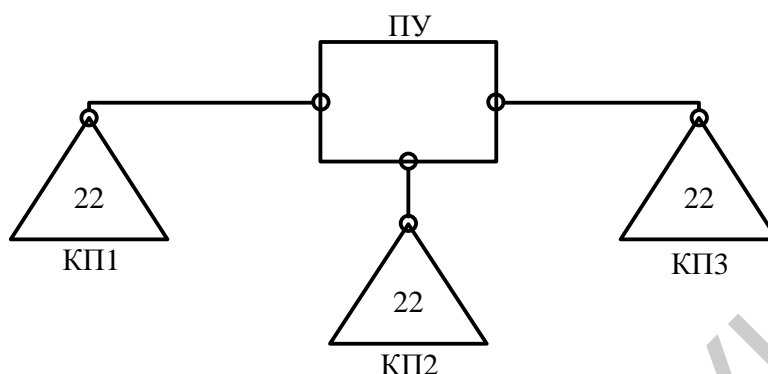


Рисунок 4.2 – Конфигурация линии связи

ПУ связан с каждым из трех КП индивидуальным каналом передачи данных. При этом количество линейных терминалов на ПУ равно количеству подключаемых КП, что позволяет ПУ одновременно и независимо передавать сообщения одному, группе или всем КП, а каждой КП может одновременно и независимо передавать данные на ПУ.

Пример 4.4. Разработать структуру сигналов, циркулирующих между ПУ и КП цифровой телемеханической системы примеров 4.2 и 4.3, работающей в циклическом режиме.

Решение. Как известно, при обмене данными на физическом уровне единицей информации является бит, поэтому средства физического уровня всегда поддерживают побитовую синхронизацию между приемником и передатчиком. Чтобы приемник мог правильно декодировать получаемый набор битов, он должен знать:

- скорость передачи данных;
- начало и конец каждого элемента (символа или байта);
- начало и конец полного блока сообщений или кадра.

Эти три фактора называют соответственно побитной или тактовой синхронизацией, побайтной или посимвольной синхронизацией и поблочной или покадровой синхронизацией.

Канальный уровень оперирует кадрами данных и обеспечивает синхронизацию между приемником и передатчиком на уровне кадров. В обязанности приемника входит распознавание начала первого байта кадра, границ полей кадра и признака окончания кадра.

Обычно достаточно обеспечить синхронизацию на указанных уровнях – байтовом и кадровом, чтобы передатчик и приемник работали синхронно и синфазно. Однако при плохом качестве линии связи вводят средства синхрони-

зации на уровне байтов. Такой режим работы называется асинхронным или старт-стопный.

По условиям примера 4.3 выбрана физическая линия связи, которая, как правило, имеет малый уровень помех, поэтому в данном случае ограничимся кадровой и побитовой синхронизацией. В качестве специального синхронизирующего сигнала, который будет посылаться вначале кадра, применим кодовую посылку (синхрокод), имеющую определенную структуру. Тогда, учитывая, что опрос всех 22 датчиков на одном КП производится циклически, структура кадра будет иметь вид, приведенный на рисунке 4.3, где $ТИ_i$ – цифровой эквивалент телеизмеряемого параметра в помехозащищенном коде.



Рисунок 4.3 – Структура кадра в системе ТИ при циклическом режиме работы

Пример 4.5. Разработать структуру сигналов, циркулирующих между ПУ и КП, в телеметрической системе с адресным режимом работы.

Решение. Учитывая, что адресный режим применяется в адаптивных системах и в системах с изменяющимся периодом опроса и числом датчиков, а также все замечания на счет синхронизации, указанные в примере 4.4, структура кадра будет иметь вид, приведенный на рисунке 4.4.

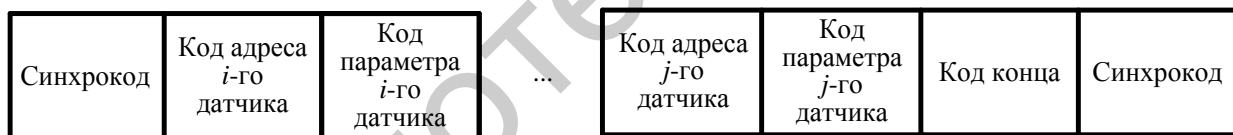


Рисунок 4.4 – Структура кадра в системе ТИ с адресным режимом работы

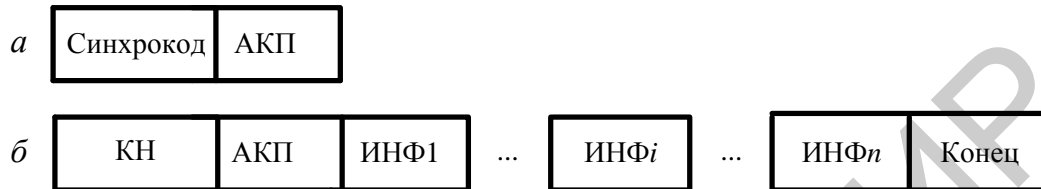
Следует отметить, что при изменяющемся числе активных датчиков и порядке их опроса необходимо в конце каждого кадра передавать код конца – специальную кодовую комбинацию.

Пример 4.6. Разработать структуру сигналов, циркулирующих между КП и ПУ, между ПУ и КП в телеметрической системе, работающей по вызову с циклическим опросом в пределах КП.

Решение. В данной системе диспетчер (оператор) с ПУ на КП посылает специальную команду для подключения к каналу связи соответствующих передающих устройств, а на ПУ – соответствующих приемных устройств. Это позволяет использовать одну линию связи (канал телеизмерения) для поочередного наблюдения за многими объектами телеизмерения. При этом опрос объектов

ТИ может быть циклический или по заданной программе. Одна из возможных структур сигналов с ПУ на КП приведена на рисунке 4.5, *а*.

С пункта управления в линию связи посылается синхрокод и код контролируемого пункта. В ответ на вызов с КП посылается код начала (КН), адрес контролируемого пункта (АКП), цифровые эквиваленты контролируемых (информационных) параметров в помехозащищенном коде и код конца (рисунки 4.5, *б*).



а – структура сигнала вызова с ПУ на КП; *б* – структура сообщений с КП на ПУ

Рисунок 4.5 – Структура сигналов в системе ТИ по вызову

Пункт управления после приема сообщения с КП сверяет код КП, пришедший с КП, с кодом вызываемого КП, если они совпадают, то принимаются все группы информационных параметров. В случае несовпадения производится повторный вызов (см. рисунок 4.5, *а*). Код КП, цифровые эквиваленты контролируемых параметров и код конца защищаются каждый в отдельности помехозащищенным кодом. В случае обнаружения искажения любого из сообщений, производится повторный вызов.

Пример 4.7. Разработать структуру сигналов, циркулирующих между ПУ и КП, между КП и ПУ в системе «телеуправление (ТУ) – телесигнализация (ТС)» при одном КП и числе объектов, равных N .

Решение. При включении питания аппаратуры пункт управления начинает работать в режиме циклического опроса состояния всех объектов. Для большей надежности опрос состояния объектов производится до трех раз. При этом с ПУ на КП посылается код синхронизации (КС), который обеспечивает синхронизацию и синфазирование генераторов тактовых импульсов ПУ и КП и одновременно является кодом начала (КН), а также функциональный адрес ТС (ФАТС) (рисунок 4.6, *а*).

С контролируемого пункта в обратном порядке посылается КН и ФАТС, а после – сообщения о состоянии всех объектов. Завершается сообщение ТС кодом конца (КК) и контрольными символами корректирующего кода (КСКК) (рисунок 4.6, *б*).

Наличие активного импульса ТС на соответствующей временной позиции свидетельствует о том, что объект находится во включенном состоянии, а отсутствие активного импульса – наоборот. Состояние всех объектов рассматривается как одна общая кодовая комбинация, которая защищается корректирующим кодом.



a – структура сигнала вызова ТС; *б* – структура сообщений ТС
Рисунок 4.6 – Структура сигналов в режиме циклического вызова ТС в системе ТУ – ТС с одним КП

После опроса ТС устройство проверяет наличие заявок на передачу команд ТУ. При наличии заявок формируется соответствующий адрес объекта (АО) и код команды телеуправления (ККТУ) (рисунок 4.7, *a*). С контролируемого пункта на ПУ посылается квитанция, состоящая из кода начала, кода адреса объекта и команды ТУ, которая сигнализирует о выполнении команды ТУ (рисунок 4.7, *б*).

При неправильном приеме квитанции или ее отсутствии в течение заданного интервала времени Δt ПУ вновь передает на КП команду ТУ. Если три раза подряд принимаемая квитанция искажена или отсутствует, то осуществляется сигнализация неисправности данного объекта и устройство ПУ переходит к передаче команд ТУ другим объектам, если имеются заявки. Если заявки на передачу команд ТУ не имеются, то устройство ПУ переходит в режим циклического опроса ТС.

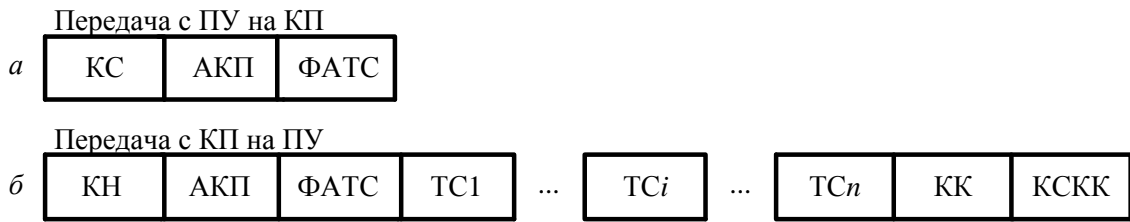


a – структура команды ТУ; *б* – квитанция о выполнении команды ТУ
Рисунок 4.7 – Структура сигналов в режиме передачи команд ТУ в системе ТУ – ТС с одним КП

Пример 4.8. Разработать структуру сигналов ТУ и ТС в системе с M контролируемых пунктов и N объектов на каждом КП, предусмотрев сигнализацию, подтверждающую выполнение команд ТУ и сигнализацию о состоянии объектов.

Решение. Учитывая, что ТС обладает приоритетом перед ТУ, то ПУ после выключения питания начинает опрашивать состояние объектов на контролируемых пунктах, начиная с объектов первого КП (рисунок 4.8, *a*). После опроса состояния объектов очередного КП определяется, является ли данный КП последним, если нет, то адрес КП (АКП) увеличивается на единицу и про-

должается опрос состояния объектов очередного КП. Структура сообщений ТС о состоянии объектов приведена на рисунке 4.8, б.

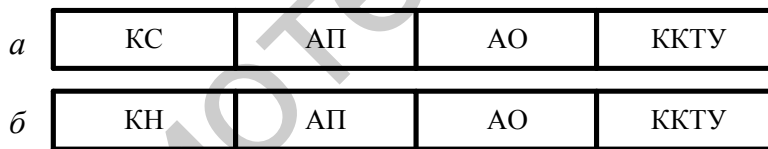


a – структура сигнала вызова ТС; *б* – структура сообщений ТС с одного КП

Рисунок 4.8 – Структура сигналов в режиме циклического вызова ТС в системе ТУ – ТС с МКП

Как видно из рисунка, с КП на ПУ передается код начала, адрес опрашиваемого КП, функциональный адрес ТС и группа сообщений о состоянии объектов данного КП, которая заканчивается кодом конца и контрольными символами корректирующего кода. Структура сообщений ТС соответствует структуре сообщений ТС примера 4.7.

После получения известительной сигнализации от всех объектов последнего КП пункт управления проверяет наличие заявок на ТУ. При наличии таких ПУ формирует код синхронизации, адрес пункта, адрес объекта и код команды ТУ, защищает помехоустойчивым кодом и посылает в линию связи (рисунок 4.9, *a*). После этого устройство ПУ приступает к приему квитанции с КП о поступлении команды (рисунок 4.9, *б*), которая начинается с кода начала.



a – структура команды ТУ; *б* – квитанция о поступлении команды

Рисунок 4.9 – Структура сигналов в режиме передачи команд ТУ с МКП

Если квитанция пришла за время Δt , устройство переходит к ТС. Если квитанция не пришла, то устройство вновь передает команду по приведенному алгоритму. После трехкратного повторения передачи команды без поступления квитанции выдается сигнал неисправности данного КП.

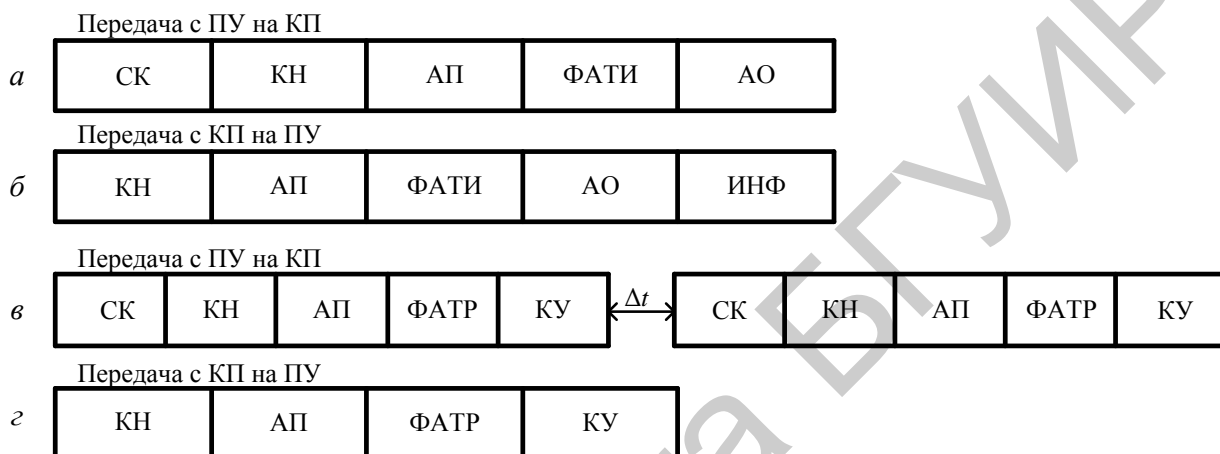
Пример 4.9. Привести структуру сигналов, циркулирующих в системе телерегулирования (ТР) между ПУ и КП в прямом и обратном направлениях.

Решение. Как известно ТР осуществляется с помощью систем телеуправления (ТУ) и телеизмерения (ТИ).

Прежде чем заниматься ТР, необходимо получить информацию по каналу ТИ о состоянии технологического процесса. Для чего необходимо сформировать и передать команду вызова телеизмерения текущих значений (ТИТ). Структура сигнала вызова ТИТ состоит из синхросигнала, кода начала, адреса пункта, функционального адреса, адреса объекта (рисунок 4.10, *a*).

Контролируемый пункт по этому сигналу осуществляет передачу телеизмеряемых величин от аналоговых и цифровых датчиков. На КП к сообщению ТИТ добавляется код начала, адрес пункта, функциональный адрес и адрес объекта (рисунок 4.10, б).

На ПУ сообщение ТИТ сравнивается с соответствующей уставкой, записанной в блоке памяти уставок. Если в результате сравнения будет принято решение о передаче команды на регуляторы, то формируется команда управления (КУ), которая передается на КП. К этой команде управления добавляются аналогичные служебные сигналы, как и при вызове ТИТ, и полное сообщение двукратно поступает в линию связи (рисунок 4.10, в).



а – структура сигнала вызова ТИ; б – структура сигнала вызова ТИТ; в – структура сигнала, передаваемого на регуляторы; г – структура квитанции

Рисунок 4.10 – Структура сигналов в системе ТР

Команды ТР воспринимаются КП и осуществляется проверка по методу повторения. Если искажений не обнаружено, то кодовая комбинация поступает либо непосредственно на цифровые регуляторы, либо через ЦАП на аналоговые регуляторы. После завершения неискаженного приема на ПУ передается сигнал «квитанция». Если квитанция не приходит в ожидаемое время, то команда ТР передается до трех раз и в случае отсутствия сигнала «квитанция» выдается сигнал о неисправности данного регулятора.

Пример 4.10. Разработать обобщенную структурную схему телеметрической системы для водогрейного котла, описание которой приведено в примере 4.2, выбор линии связи и конфигурации – в примере 4.3, а в примере 4.4 разработана структура сигналов между КП и ПУ.

Решение. В соответствии с заданием на проектирование число датчиков в системе равно 22, их назначение указано в таблице 4.1. Учитывая однотипность измеряемых параметров, разобьем все датчики на три группы: первая группа с 1 по 8, вторая группа с 9 по 16 и третья группа с 17 по 22. Каждая группа датчиков будет обрабатываться своим устройством связи с объектами. Кроме того, в системе следует предусмотреть монитор для вывода мнемосхемы

технологического процесса, пульт управления системой, принтер для изготовления отчета и источник бесперебойного питания. Таким образом, обобщенная структурная схема будет иметь вид, приведенный на рисунке 4.11.

Программное обеспечение автоматизированного рабочего места (АРМ) оператора должно позволять решать следующие задачи:

- регистрацию предаварийной информации;
- прогнозирование динамики изменения параметров;
- контроль и регистрацию переходных процессов;
- регистрацию и сигнализацию отклонения параметров за предельно допустимые значения.

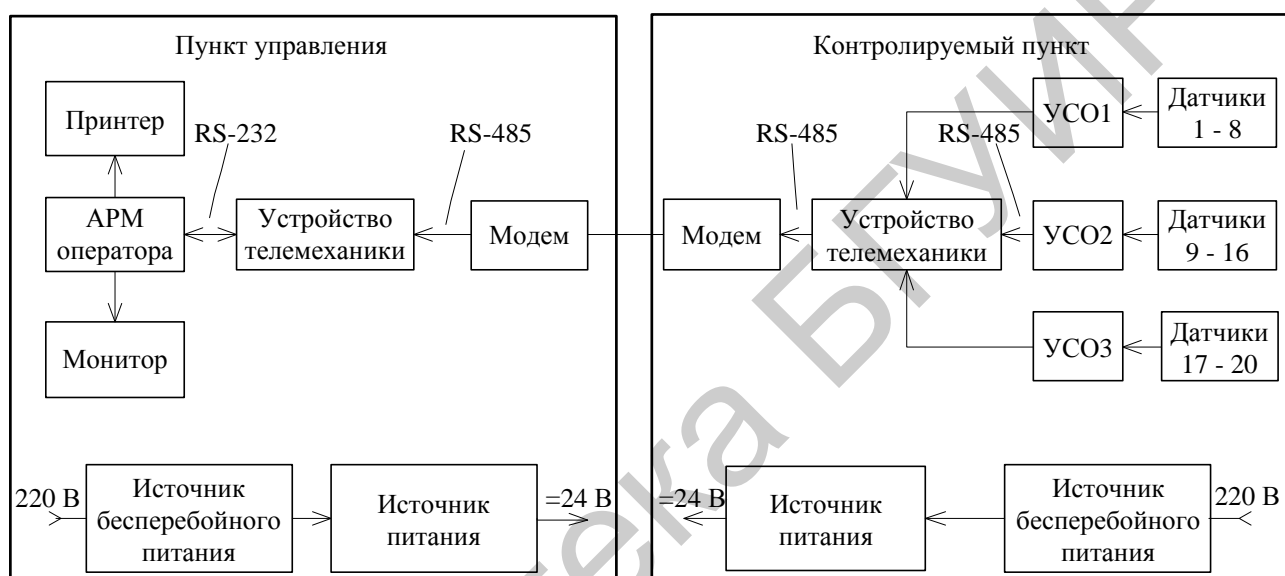


Рисунок 4.11 – Обобщенная структура телеметрической системы для водогрейного котла

4.4 Алгоритмы функционирования системы

В данном подразделе на основании выбранной структуры системы, состава оборудования, структуры сигналов в линии связи составляется подробный алгоритм (последовательность выполнения операций) функционирования КП и ПУ в отдельности, а также приводится его детальное описание.

Пример 4.11. Разработать схему алгоритма функционирования КП телеметрической системы, работающего по вызову, если структура сигнала имеет вид, приведенный на рисунке 4.5.

Решение. Схема алгоритма функционирования контролируемого пункта представлена на рисунке 4.12.

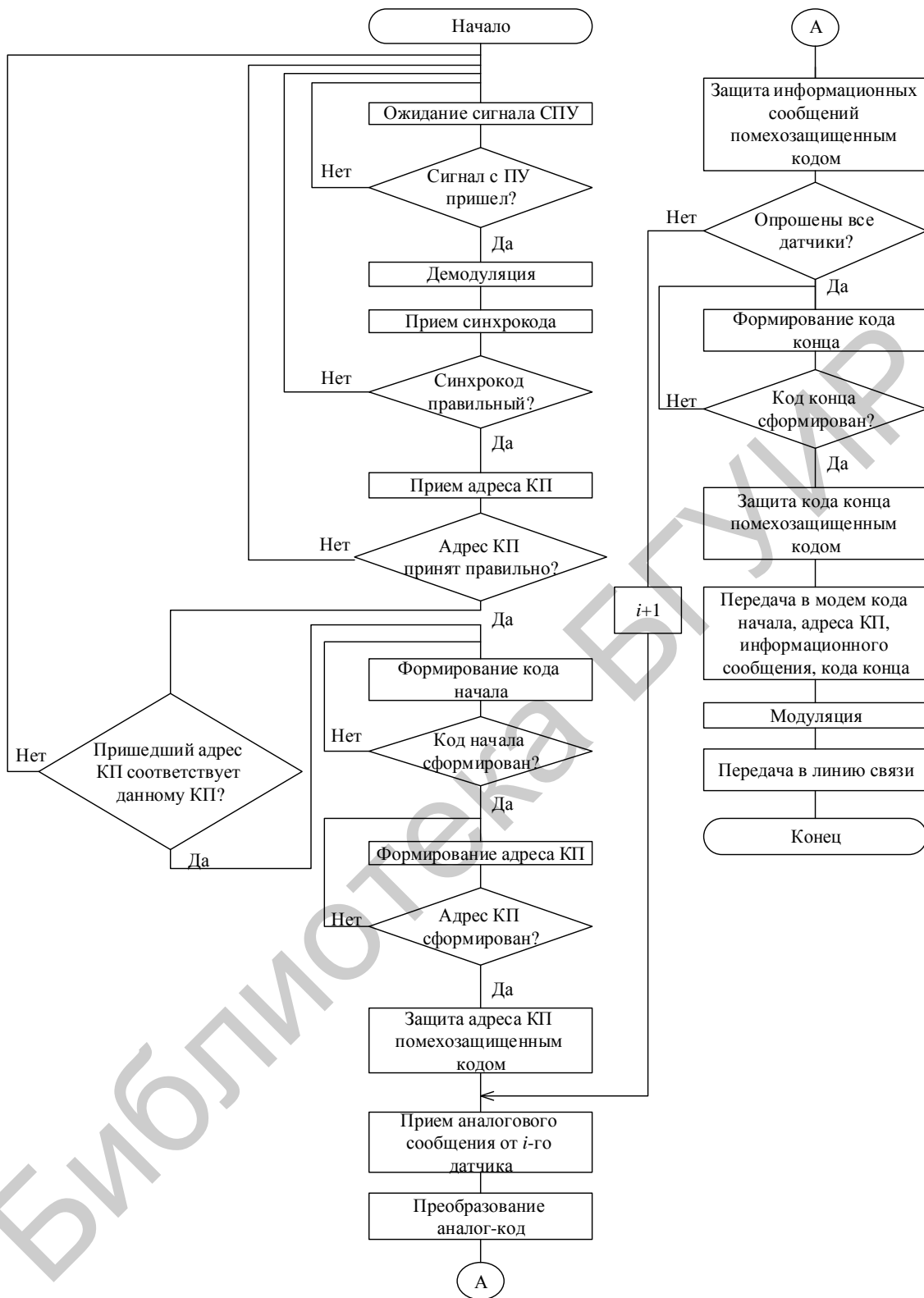


Рисунок 4.12 – Схема алгоритма функционирования КП системы ТИ по вызову

КП ожидает сигнал вызова с ПУ, структура которого приведена на рисунке 4.5, а. Синхрокод представляет собой специальную кодовую комбинацию, отличающуюся от любой другой посылки. Если из линии связи поступает сигнал, то он демодулируется, восстанавливается и проверяется синхрокод на соответствие. В случае совпадения с оригиналом осуществляется прием адреса

КП. После проверки адреса КП на искажение он сравнивается с фактическим адресом КП, и если результат сравнения положительный, то КП формирует код начала. Следует отметить, что в процессе приема синхрокода и адреса КП происходит синхронизация и синфазирование генератора тактовых импульсов КП.

В качестве кода начала, посылаемого с КП на ПУ, может использоваться синхрокод, структура которого соответствует синхрокоду, приходящему из ПУ. После отправки кода начала формируется и защищается помехоустойчивым кодом адрес КП, который поступает на вход канального модема.

После этого КП приступает к опросу датчиков ТИ. Телеизмеряемая величина преобразуется в цифровой эквивалент, защищается помехоустойчивым кодом и посылается в модем. Как только будут опрошены все датчики ТИ, формируется код конца, который защищается помехоустойчивым кодом и поступает на вход модема. В модеме происходит модуляция носителя кодом начала, адресом КП, информационными посылками, кодом конца, и полный сигнал поступает в линию связи.

Пример 4.12. Разработать схему алгоритма функционирования пункта управления системы передачи дискретной информации с решающей обратной связью с ожиданием (РОС-ОЖ), если структура сигнала между КП и ПУ и обратно имеет вид, приведенный на рисунке 4.13. Кроме того, в системе над полезной информацией производятся следующие преобразования: компрессия (сжатие), шифрование, помехоустойчивое кодирование, линейное кодирование, цифровая модуляция и расширение спектра.



Рисунок 4.13 – Структура сигналов в системе передачи дискретной информации с РОС – ОЖ

Решение. Как известно, в системе передачи дискретной информации с РОС-ОЖ активная роль принадлежит ПУ. Он принимает решение о выдаче блока информации в приемник информации либо о ее стирании и информировании об этом КП по каналу обратной связи путем передачи соответствующих сообщений. Схема алгоритма ПУ приведена на рисунке 4.14.

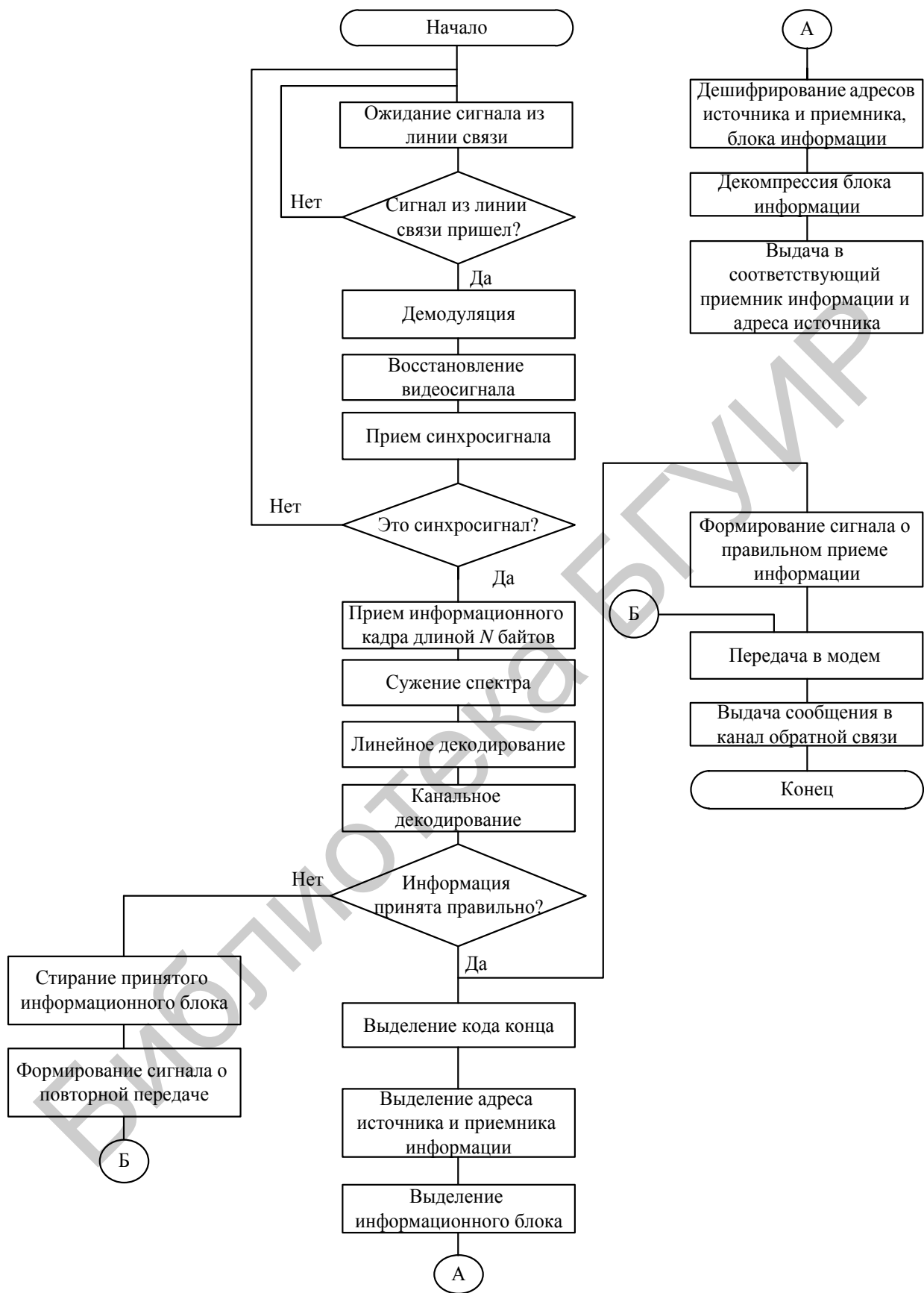


Рисунок 4.14 – Схема алгоритма функционирования пункта управления системы передачи дискретной информации с РОС-ОЖ

При получении сигнала из прямого канала связи, который промодулирован одним из цифровых видов модуляции, ПУ осуществляет его демодуляцию. Учитывая, что полоса частот канала связи ограничена и в канале связи действуют помехи, форма сигнала будет отличаться от прямоугольной. Восстановление формы сигнала происходит пороговым приемником. Выделенный синхрокод подстраивает частоту и фазу генератора тактовых сигналов и устанавливает приемные регистры в исходное состояние. После этого ПУ принимает информационный кадр состоящий адресов источника и приемника информации, блока полезной информации, кода конца и контрольных символов, которые сформированы по результатам помехоустойчивого кодирования названных выше составляющих кадра. Затем ПУ осуществляются ответные функции, соответствующие функциям, которые были произведены над информацией КП, т. е. сужение спектра, линейное и канальное декодирование.

Если искажения в информационном блоке не обнаружены, то происходит выделение кода конца, который свидетельствует о передаче всего блока, адреса источника и приемника информации, которые позволяют выдать информацию соответствующим приемникам с уведомлением их, от кого принята информация. Выделенный информационный блок записывается в соответствующий регистр. После чего производится дешифрация адресов источника и приемника, а также блока информации, т. е. происходит освобождение от криптографической защиты. Если блок информации на КП подвергался сжатию, то на ПУ производится декомпрессия. Если ПУ не обнаружены искажения, то информационный блок выдается в соответствующий приемник, по каналу обратной связи посылается соответствующее сообщение и ПУ ожидает поступление нового информационного блока.

В случае обнаружения искажений ПУ стирает принятый информационный блок и в обратный канал связи посылается сообщение о повторной передаче блока. После чего ПУ ожидает повторения ранее переданного блока, и далее процесс работы продолжается по рассмотренному выше алгоритму.

Следует указать, что в системе может быть как ограниченное, так и неограниченное число переспросов.

4.5 Структурная схема системы

В данном подразделе на основании технического задания, способа защиты сообщений, структуры сигналов между ПУ и КП, разработанной структуры системы, составленного алгоритма функционирования системы, конфигурации и типа линии связи разрабатываются структурные схемы ПУ и КП, а также приводится подробное описание функционирования системы. При этом если отдельные блоки будут реализовываться программно, то они обязательно должны быть указаны на структурной схеме и обведены штрихпунктирной линией, внутри образованного контура указывается устройство, реализующее данные функции (микропроцессор, микроконтроллер, ЭВМ и т. д.).

В случае, если отдельное устройство состоит из самостоятельных блоков, выполняющих конкретные функции, то в пояснительной записке приводится структурная схема данного устройства и структурные схемы самостоятельных блоков с их описанием. При этом могут применяться временные диаграммы и таблицы для пояснения принципа работы (пункт 4.5.1).

Пример 4.13. Разработать структурную схему ПУ телеметрической системы, работающей по вызову для примера 4.6, если сигнал передается методом КФМП-4.

Решение. Учитывая, что в данной системе формирование команды вызова ТИ может производиться как диспетчером, так и ЭВМ, то необходимо предусмотреть устройство индикации команд. Структурная схема ПУ системы ТИ, в которой циркулируют сигналы, разработанные в примере 4.6, приведена на рисунке 4.15.

Всей работой ПУ управляет блок управления (БУ), который формирует управляющие, командные и тактовые сигналы, реализующие алгоритм работы всех блоков устройств по стандартному сопряжению в соответствии с системой приоритетов, периодически вырабатывающей синхросигнал для синхронизации всех устройств и системы в целом. Команды вырабатываются либо диспетчером, либо ЭВМ. Команды поступают в кодирующее устройство адреса КП либо с пульта оператора, либо от ЭВМ через блок сопряжения (БС). Правильность передаваемой комбинации диспетчер контролирует с помощью устройства индикации (УИ), воспроизводящего команду на пульте оператора. Все команды, формируемые диспетчером, вводятся в ЭВМ. Структура сигнала вызова ТИ состоит из синхросигнала и кода адреса КП, который кодируется в устройстве защиты от ошибок в помехозащищенном коде. Кроме того, адрес вызываемого КП запоминается в запоминающем устройстве адреса КП (ЗУАКП) и используется для сравнения с адресом КП, пришедшим от КП. Синхросигнал и адрес КП через сумматор поступают в модем, где осуществляется квадратурная фазовая манипуляция КФМП-4. Фаза сигнала принимает значение из множества

$$\left\{ \varphi(t) = \frac{2\pi}{4}(i-1) + \varphi_0, \quad i = \overline{1,4} \right\}. \quad (4.1)$$

Более подробное описание принципа работы передатчика модема дано в пункте 4.5.1.

Из линии связи на вход модема поступает видеосигнал, приведенный на рисунке 4.5, б, промодулированный КФМП-4. В модеме освобождаемся от несущей и на выходе получаем восстановленный видеосигнал.

Восстановленный видеосигнал поступает на вход дешифратора кода начала (ДКН). Если из линии связи пришел неискаженный КН, то на выходе ДКН появится разрешающий сигнал, который открывает схему запуска 1 (СЗ1) и тем самым разрешается прием адреса КП, который декодируется дешифратором адреса КП и поступает на один из входов схемы сравнения (СС).

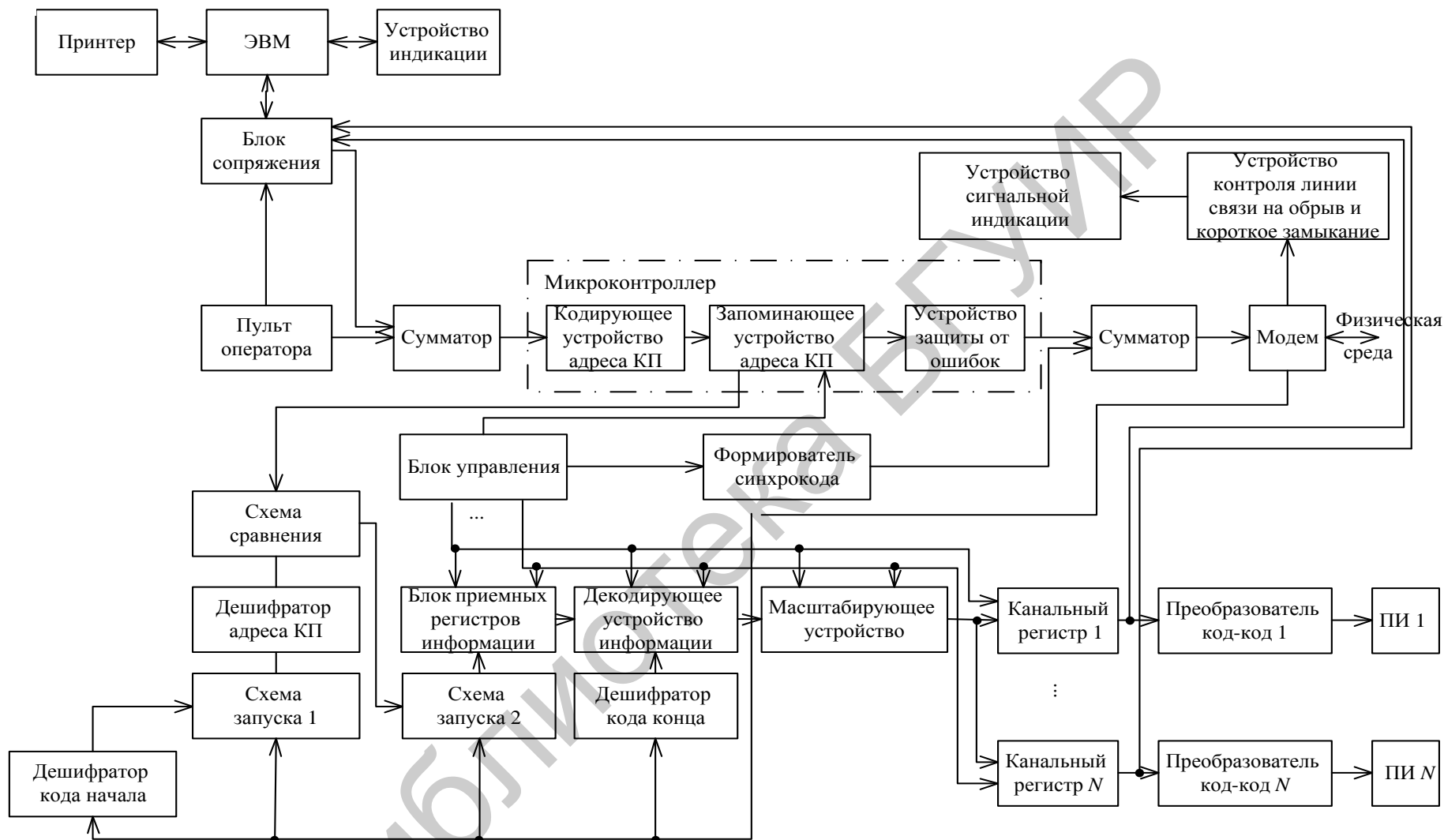


Рисунок 4.15 – Структурная схема ПУ системы ТИ по вызову

На второй вход СС получает адрес КП из ЗУАП, и если сигналы совпадают, то на выходе появляется разрешающий сигнал, который открывает СЗ2 и информационные посылки записываются в блок канальных регистров (БКР). После приема кода конца (КК) сигнал, записанный в БКР, поступает в декодирующее устройство, где происходит проверка на искажение, и в случае его отсутствия или коррекции принятой комбинации цифровой эквивалент поступает в масштабирующее устройство (МУ), где по соответствующим сигналам с блока управления происходит умножение на канальные масштабные коэффициенты, которые определяются на стадии тестирования системы. Умножение цифровых эквивалентов на масштабные коэффициенты позволяет выводить информацию в абсолютных единицах. Цифровое сообщение с выхода МУ записывается в свои канальные регистры по сигналам с БУ, после чего осуществляется преобразование, как правило, двоичного кода, с которым работает приемная аппаратура, в код, в котором работает приемник информации (ПИ). Следует отметить, что в системе осуществляется контроль линии связи на обрыв и короткое замыкание соответствующим устройством, показанным на рисунке 4.15.

В случае наличия неисправностей линии связи устройством сигнальной индикации выдается соответствующее сообщение.

4.5.1 Передатчик модема

Как указано в условии примера 4.6, в системе сигнал передается методом КФМП-4.

Сформировать сигналы КФМП-4 можно с помощью устройства, функциональная схема которого приведена на рисунке 4.16, а временные диаграммы его работы – на рисунке 4.17.

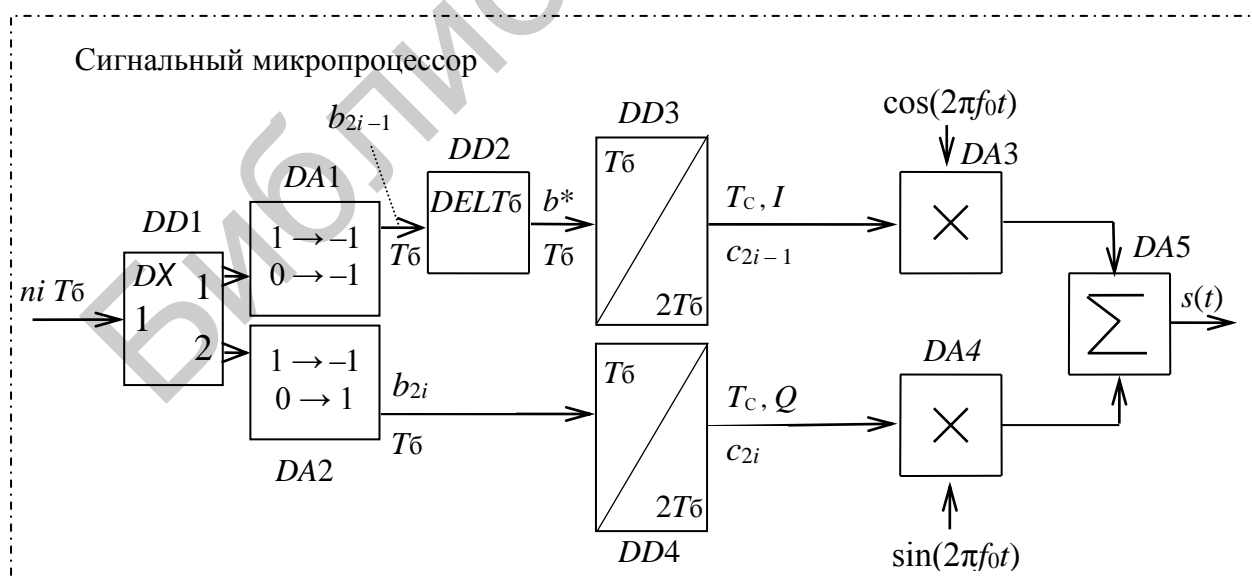


Рисунок 4.16 – Функциональная схема устройства формирования КФМП-4 радиосигнала

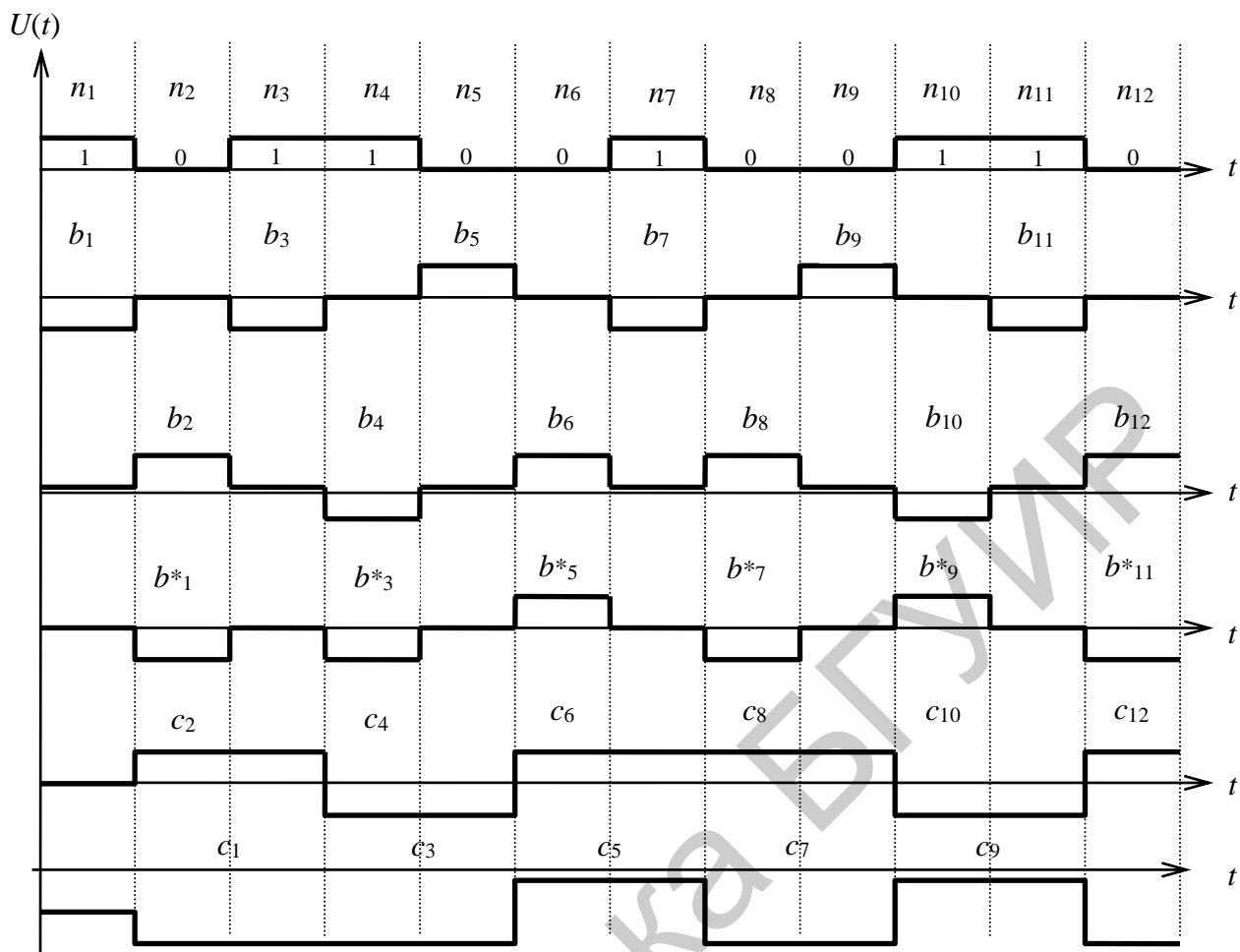


Рисунок 4.17 – Временные диаграммы при формировании КФМП-4 радиосигнала

Последовательность передаваемых битов $1, 0, 1, 1, 0, 0, 1, 0, 0, 1, 1, 0, \dots$ разбивается на две подпоследовательности нечетных $1, 1, 0, 1, 0, 1, \dots$ и четных $0, 1, 0, 0, 1, 0, \dots$ битов с помощью демультиплексора $DD1$.

Биты с одинаковыми номерами в этих подпоследовательностях образуют пары, которые удобно рассматривать как комплексные биты. Действительная часть комплексного бита есть бит нечетной подпоследовательности I , а мнимая часть Q – бит четной подпоследовательности. При этом биты нечетной последовательности в синфазной ветви задерживаются на время T_6 устройством $DD2$. Далее длительность каждой последовательности увеличивается до значения $2T_6$ расширителями $DD3$ и $DD4$.

Полученные таким способом комплексные биты преобразуются в комплексную последовательность прямоугольных электрических импульсов длительностью $2T_6$ со значениями «+1» или «-1» их действительной и мнимой частей, которые используются для модуляции несущего колебания $\exp\{j2\pi f_0 t\}$. В результате получается КФМП-4 радиосигнал.

Диаграмма фазовых переходов для КФМП-4 представлена на рисунке 4.18.

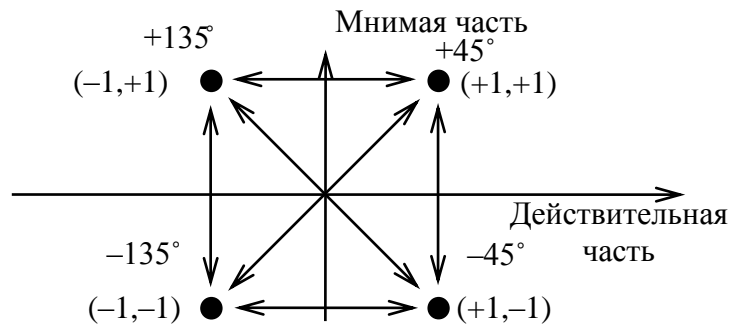


Рисунок 4.18 – Диаграмма фазовых переходов для КФМП-4 радиосигнала

На этой диаграмме сигнальная точка с координатами $(+1, +1)$ расположена на линии, образующей угол $+45^\circ$ с осями координат, и соответствует передаче символов $+1$ и $+1$ в квадратурных каналах модулятора.

4.6 Принципиальная электрическая схема системы

В соответствии с разработанной структурной схемой, алгоритмом функционирования, временной структурой сигналов, конфигурацией и типом линии связи, внешними условиями производится выбор элементной базы и строится принципиальная электрическая схема устройств ПУ и КП, приводится подробное описание. При необходимости для лучшего понимания принципа работы отдельных устройств могут приводиться временные диаграммы, таблицы, схемы подключения и т. д.

Допускается производить описание принципиальных электрических схем ПУ и КП по принципиальным схемам отдельных устройств, которые могут приводиться в пояснительной записке, но при этом нумерация элементов должна соответствовать нумерации элементов, приведенной на листе графического материала.

Выбор элементной базы производится в зависимости от требований надежности, интервала (диапазона) рабочих температур, других внешних условий, потребляемой мощности, помехоустойчивости, функциональной полноты, нагрузочной способности, области использования разрабатываемой системы и т. д. В случае применения элементов различных серий необходимо осуществлять анализ их совместимости по напряжению и нагрузочной способности.

Пример 4.14. Произвести выбор элементной базы для производства системы передачи цифровой информации (СПЦИ), схема алгоритма функционирования которой рассмотрена в примере 4.12, а в качестве линии связи используется волоконно-оптический кабель.

Решение. Исходные данные:

- минимальная наработка – 25 000 ч;
- интервал рабочих температур – 0–50 °С;
- относительная влажность воздуха при $t = 20$ °С – 80 %;
- вибрации: диапазон частот от 0 до 500 Гц, ускорение – 8g;
- потребляемая мощность – не нормируется;
- помехоустойчивость элементов – 2 группа;
- серия микросхем должна обладать максимальной функциональной полнотой, т. е. на данной серии можно выполнить максимальное число устройств;
- напряжение питания микросхем – ≤ 5 В (± 5 %);
- серия микросхем должна иметь возможность сопряжения с другими сериями микросхем;
- микросхемы должны обладать хорошей нагрузочной способностью.

Все функциональные блоки проектируемой СПЦИ, за исключением оптического передатчика и приемника, осуществляют обработку сигналов в цифровой форме (поскольку основным сигналом является двоичный униполярный сигнал передаваемых или принимаемых данных). Поэтому вся схемотехника системы строится на интегральных цифровых микросхемах, цифровых модулях, что обеспечивает быструю, стабильную и высоконадежную обработку сигнала.

Основными управляющими элементами проектируемой СПЦИ являются микроконтроллеры (МК) коммутатора, передатчика и приемника АПД, в качестве которых используется МК семейства 51 компании *Intel KM1816BE51*. Выбор данного элемента основан на его способности к выполнению возлагаемых на него функций и соответствии исходным данным, а также изученности его архитектуры в ходе учебного процесса.

Микроконтроллер выполнен на основе высокоуровневой МОП-технологии и выпускается в корпусе больших интегральных схем (БИС), имеющем 40 внешних выводов [4]. Для работы МК51 требуется один источник электропитания напряжением 5 В. Через четыре программируемых порта ввода/вывода МК51 взаимодействует со средой в стандарте транспортно-транзисторной логики схем (ТТЛ-схем) с тремя состояниями выхода.

Корпус МК51 имеет два вывода для подключения кварцевого резонатора (6–12 МГц), четыре вывода для сигналов, управляющих режимом работы МК, и восемь линий порта 3, которые могут быть запрограммированы пользователем на выполнение специализированных (альтернативных) функций обмена информацией со средой.

8-битное арифметико-логическое устройство (АЛУ) может выполнять арифметические операции сложения, вычитания, умножения и деления; логические операции «И», «ИЛИ», «Исключающее ИЛИ», а также операции циклического сдвига, сброса, инвертирования и т. п.

Память программ и память данных, размещенные на кристалле МК51, физически и логически разделены (гарвардская архитектура). Память программ (постоянное запоминающее устройство – ПЗУ) имеет емкость 4 Кбайта. Память данных (оперативное запоминающее устройство – ОЗУ), предназначенная для

хранения переменных в процессе выполнения прикладной программы, адресуется одним байтом и имеет емкость 128 байт. Память программ, так же как и память данных, может быть расширена до 64 Кбайт путем подключения внешних БИС внешней памяти данных (ВПД).

В составе средств МК51 имеются регистровые пары с символическими именами *TNO*, *TLO* и *TN1*, *TL1*, на основе которых функционируют два независимых программно-управляемых 16-битных таймера/счетчика событий, которые используются в проектируемой системе для реализации механизма синхронизации по кадрам.

МК также содержит универсальный асинхронный приемопередатчик (УАПП), через который осуществляется прием и передача информации, представленной последовательным кодом (младшими битами вперед), в полном дуплексном режиме обмена, что позволяет организовать быстрый и удобный обмен информацией между МК проектируемой системы.

Входные сигналы для МК51 могут формироваться ТТЛ-схемами или т-МОП-схемами. Допустимо использование в качестве источников сигналов для МК51-схем с открытым коллектором или открытым стоком.

Поскольку 128 байт ОЗУ МК для хранения блоков данных и кадров недостаточно, то в качестве ВПД (ОЗУ данных) применен модуль энергонезависимого сегнетоэлектрического ОЗУ (*FRAM*) емкостью 64 кбит с часами реального времени *FM3808* [13].

Отличительные особенности *FM3808*:

1) *сегнетоэлектрическое энергонезависимое ОЗУ емкостью 64 кбит:*

- организация ячеек памяти $32\ 768 \times 2$;
- высокая износостойкость: 100 млрд (10^{11}) циклов чтения/записи;
- 10-летний срок хранения информации;
- запись без задержки (*NoDelay*TM);
- длительность цикла доступа/записи составляет 70 нс/130 нс;
- встроенная схема защиты от понижения *VDD*;

2) *часы-календарь реального времени:*

- регистры часов реального времени представляют собой последние 16 ячеек памяти;
- внешнее резервное питание от батарейки или конденсатора;
- счет времени от секунд до столетий в двоично-десятичном формате;
- работает от кварцевого резонатора 32 768 Гц;

3) *системный супервизор:*

- программируемый будильник по времени и дате;
- программируемый сторожевой таймер;
- контроль напряжения питания;
- выход генерации прерывания с программируемым активным уровнем;
- установки регистров неизбежно обладают энергонезависимостью;
- генерирует или сигнал сброса процессора, или сигнал прерывания;

4) *малая потребляемая мощность:*

- память и интерфейс часов работают при 5 В;

- резервное питание может быть не ниже 2,5 В;
- активный ток *IDD* равен 25 мА;
- потребляемый ток от резервного источника *IBAK* равен 1 мкА.

Основными функциональными элементами устройства преобразования сигналов (УПС) являются приемопередатчик *STEL-2176*, а также приемный и передающий оптические модули.

STEL-2176 – высоко интегрированный, максимально гибкий, целевой приемопередатчик [4]. Он является самым совершенным в ряде чипов модулятора, включая модуляторы *STEL-1103* совместно с *STEL-1109*. Подобные расширения привели к существенным усовершенствованиям и увеличению эффективности чипа.

STEL-2176 – законченный чип устройства преобразования сигнала *ASIC* (специализированные интегральные схемы), который интегрирует в себе функции приемника и передатчика. Он предлагается в КМОП-геометрии 0,35 мк, работает от 3,3 В с интегрированным ЦАП и АЦП. Его программируемый регистр предполагает гибкое решение существующих и развивающихся стандартов передачи цифровой информации.

Трансмиттер (передатчик) обладает высокой степенью интеграции и гибкости. Трансмиттер получает последовательные данные, рандомизирует их, исполняет алгоритм непосредственного исправления ошибок (*FEC*) и относительное кодирование, преобразует данные к совокупности перед модуляцией, выдает на выходе аналоговый радиосигнал.

STEL-2176 способен поддерживать скорости передачи данных до 10 Мбит/с в режиме двоичной фазовой манипуляции (ДФМ), 20 Мбит/с в режиме КФМ и 40 Мбит/с в режиме КАМ-16. Для этого *STEL-2176* использует генераторы частот до 165 МГц, что позволяет его внутреннему 10-разрядному цифроаналоговому преобразователю (ЦАП) генерировать частоты несущей от 5 до 65 МГц.

Кроме того, в *STEL-2176* используется электропитание, равное 3,3 В, и чип может быть связан с помощью интерфейса с другой логикой, которая работает при 5 В.

Основными функциональными особенностями передатчика *STEL-2176* являются [4]:

- *BPSK/QPSK/16QAM*-модулятор;
- преобразование последовательных данных в сообщения радиочастотного диапазона;
- широкий диапазон программно определяемых скоростей передачи данных;
- генератор с программным управлением снабжает модулятор высокой разрешающей способностью по частоте;
- программируемые частоты несущей от 5 до 65 МГц (для реализации данных частот используется недорогой кристалл частотой 25 МГц);
- работа в непрерывном и пакетном режимах;
- дифференциальный кодер, программируемый скремблер, программируемый кодер *FEC* Рида – Соломона;

- программируемый фильтр с конечной импульсной характеристикой (КИХ) с 64 метчиками, который осуществляет фильтрацию сигнала, формирующегося перед модуляцией;
- внутренний 10-разрядный ЦАП;
- совместим со стандартами *DAVIC*, *IEEE 802.14* (предварительный), *IESS-308* (*Intelsat* – международная система спутниковой связи), *MCNS*;
- поддерживает низкие скорости передачи данных для переговорных прикладных программ и высокие скорости передачи данных для широкополосных прикладных программ.

Приемник включает высококачественный 10-разрядный АЦП с прямой промежуточной частотой интерфейса (промежуточной частоты), КАМ-16-демодулятор и реализует непосредственное исправление ошибок (*FEC – forward error correction*) согласно протоколу *J.83 (ITU-T)*.

Основными функциональными особенностями приемника *STEL-2176* являются [4]:

- встроенный в чип 10-разрядный АЦП/ЦАП;
- КАМ-16/64/256-демодуляция;
- определяемые *ITU-T (J.83)*, дополнения *A* и *B*, реализующие непосредственное исправление ошибок (*FEC*);
- *MCNS*, *IEEE 802.14* (предварительный), *DAVIC/DVB*;
- параллельные или последовательные выходные данные с промежутками или без них;
- декодер Витерби для дополнения *B*;
- избирательный декодер кода Рида – Соломона для дополнения *A* и *B*;
- программируемый демультимплексор (устройство временного разделения импульсных сигналов);
- программируемый генератор случайных чисел;
- *MPEG-2*-кадрирование;
- программируемое (гибкое) управление;
- функции дополнительного (необязательного) удаления межкадровых промежутков по алгоритму *FIFO* (от англ. *First in First Out* – «первым прибыл, первым обслужен»);
- автоматическое управление частотой (± 200 кГц);
- высокоинтегрированные функции получателя;
- частота входного сигнала до 50 МГц;
- используется недорогой кристалл в диапазоне 25 МГц;
- адаптивный канальный эквалайзер (компенсатор искажений сигнала в канале связи);
- избирательный фильтр Найквиста;
- высокая надежность.

Таким образом, *STEL-2176* – это цифровой модулятор/демодулятор *ASIC*, предоставляющий возможность гибкого решения существующих и развивающихся стандартов передачи цифровой информации.

В качестве преобразователя электрического сигнала в оптический применен оптический передающий модуль серии *STX-48-MS* компании *Optical communication products* [5]. Основные функциональные характеристики передатчика:

- полная совместимость с синхронной оптоволоконной сетью связи стандарта *SONET/SDH*, имеющего спецификацию *OC-48/STM-16* (2,5 Гбит/с);
- передача на длине волны 1550 нм с мощностью выходного сигнала, передаваемого на безретрансляционное расстояние до 80 км;
- использование в качестве источника излучения лазеров класса I (высокая лазерная безопасность);
- поддерживаемый стандарт соединителя *SC*;
- входной сигнал – аналоговый;
- поддерживаемое напряжение питания +5 В;
- встроенный аттенюатор (регулятор оптической мощности выходного сигнала).

В качестве обратного преобразователя оптического сигнала в электрический применен фотооптический приемный модуль серии *SRX-48* компании *Optical communication products* [5]. Основные функциональные характеристики приемника:

- полная совместимость с синхронной оптоволоконной сетью связи стандарта *SONET/SDH*, имеющего спецификацию *OC-48/STM-16* (2,5 Гбит/с);
- детектируемая длина волны диапазоном 1550 нм;
- внутренний температурный компенсатор *APD* уровня;
- поддерживаемый стандарт соединителя *SC*;
- поддерживаемое напряжение питания +5 В;
- выходной сигнал ТТЛ-уровня.

В качестве элемента ПОМ применен ступенчатый изолятор фирмы *Dicon* [6], который устраняет нежелательную отраженную часть рассеянного оптического сигнала в системах передачи. Изолятор обеспечивает хорошую развязку волоконно-оптической линии связи (ВОЛС) по выходу оптического передатчика, нечувствительные поляризационные свойства, низкий уровень дисперсии поляризационного режима, поддерживает тип симметричного соединителя *SC*. Изолятор прошел тест *Telcordia GR-1221*.

В качестве элемента волнового уплотнения использован узкозонный *WDM*-фильтр (*W-NB*) [7]. Фильтр износостоек, прост в установке и применении, принадлежит к серии фильтров с широкой номенклатурой параметров, обладает низким затуханием принимаемого сигнала, серия поддерживает стандарты *ITU*, отличается высокими изоляционными свойствами (развязка по выходу ВОЛС).

Все применяемые в системе цифровые интегральные микросхемы относятся к ИМС ТТЛ-уровня. ТТЛ (транзисторно-транзисторная логика) представляет собой в настоящее время одно из наиболее распространенных семейств логических элементов [8]. Промышленностью выпускается огромное количество семейств ИМС ТТЛ, выполняющих самые разнообразные функции. С помощью этих семейств можно удовлетворить все потребности, которые возникают при построении цифровых схем и устройств.

Схемы ТТЛ обладают следующими особенностями (характеристиками) [8]:

- напряжение питания +5 В ($\pm 5\%$);
- выходные каскады схем ТТЛ обладают хорошей нагрузочной способностью, поэтому сопряжение между собой элементов ТТЛ не представляет проблемы;

- выходной каскад вентиля ТТЛ в состоянии «низкого» уровня ведет себя как насыщенный транзистор, напряжение на котором близко к потенциалу земли, а в состоянии «высокого» уровня – как повторитель с высоким выходным напряжением, равным примерно напряжению питания;

- в пределах одного логического семейства выходы элементов легко стыкуются с входами и обычно не стоит беспокоиться о пороговых уровнях, входном токе и т. п. (например, выходы элементов семейства ТТЛ могут работать не менее чем на 10 входов);

- недостатком биполярных ТТЛ-семейств является значительный потребляемый ток покоя.

Практически все ИМС проектируемой системы, такие как логические элементы, триггеры, регистры, счетчики, мультиплексоры и т. д., принадлежат 555 серии ТТЛ. Эта серия выбрана потому, что это относительно современная серия, имеющая широкую номенклатуру микросхем. Все элементы подобраны в соответствии с их функциональным назначением и удовлетворяют всем предъявленным требованиям.

Пример 4.15. Разработать принципиальную электрическую схему системы, предназначенной для охраны объектов, оборудованных датчиками, контакты которых размыкаются при срабатывании. Предусмотреть возможность взятия объекта под охрану и снятия с нее, прослушивания шумов и других звуков в охраняемых помещениях, обнаружения попыток замыкания проводов, идущих от датчиков к системной плате, а также введения пожарной сигнализации.

Решение. В соответствии с техническим заданием к описываемой системе охраны может быть подключено до 64 датчиков, причем для соединения их с контроллером достаточно 16 проводов – восьми групповых и восьми разрядных линий (рисунок 4.19).

Датчики В1–В64 размещены в охраняемых помещениях, остальные узлы (в том числе системная плата, принципиальная схема которой показана на рисунке 4.20) – в блоке контроллера, установленном на рабочем месте дежурного оператора. Для опроса датчиков групповые (S1–S8) и разрядные (S9–S16) ключи поочередно замыкаются по сигналам Г1–Г8 и Р1–Р8 от системной платы, причем в каждый момент замкнут только один из S1–S8 и один из S9–S16. Принципиальная схема группового ключа изображена на рисунке 4.21, а, а разрядного – на рисунке 4.21, б. Как видно, и тот и другой собраны на двух транзисторах, функции собственно ключей выполняют транзисторы VT2.

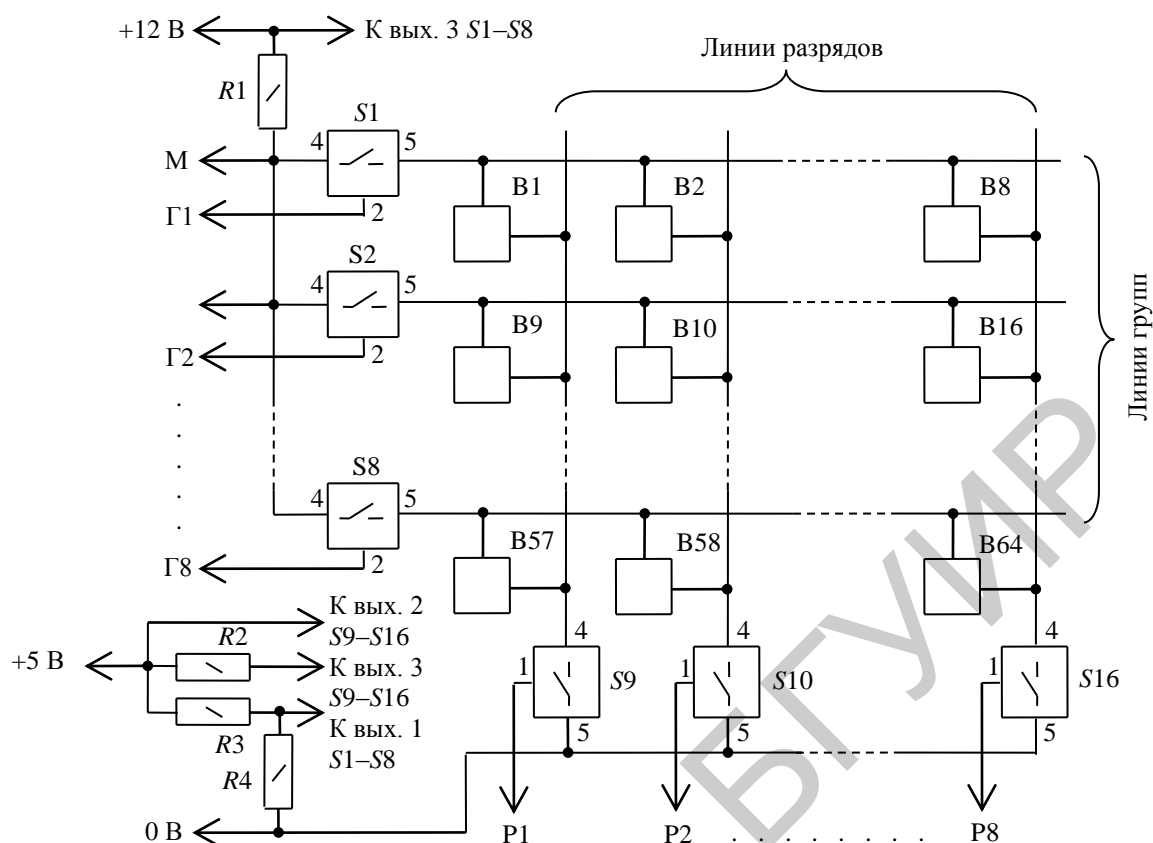


Рисунок 4.19 – Схема подключения датчиков

Каждый из охраняемых объектов оборудуют в соответствии со схемой, показанной на рисунке 4.22. Датчик может быть любого типа (механический, радиолокационный, инфракрасный, ультразвуковой), важно только, чтобы при срабатывании контакты $S1$ его выходной цепи размыкались. Кроме того, потребуются резисторы $R1$ и $R2$ и диод $VD1$. Все остальное монтируют при необходимости. Узел $S1R1R2$ должен быть конструктивно выполнен таким образом, чтобы исключить доступ злоумышленника непосредственно к контактам $S1$. В этом случае все попытки заблокировать датчик, «закоротив» идущие к нему провода, будут зафиксированы системой. Этим свойством можно воспользоваться для подключения (как показано штриховой линией) нормально разомкнутых контактов $S2$ датчика пожарной сигнализации. Подаваемый контроллером сигнал «Замыкание» будет и сигналом «Пожар». Правда, точно узнать, что случилось, можно будет лишь, как говорится, лично прибыв на место.

Микрофон $BM1$ и усилитель $A1$ предназначены для прослушивания оператором шумов в охраняемом помещении. Тип и принципиальная схема усилителя не приводятся – они могут быть различными в зависимости от выбранного микрофона, требуемой чувствительности и т. п. Важно, чтобы постоянная составляющая напряжения на выходе работающего усилителя была достаточна для открывания диода $VD2$, через который звуковой сигнал по общей для всех датчиков цепи АК (акустический контроль) поступает на вход усилителя мощности звуковой частоты (УМЗЧ).

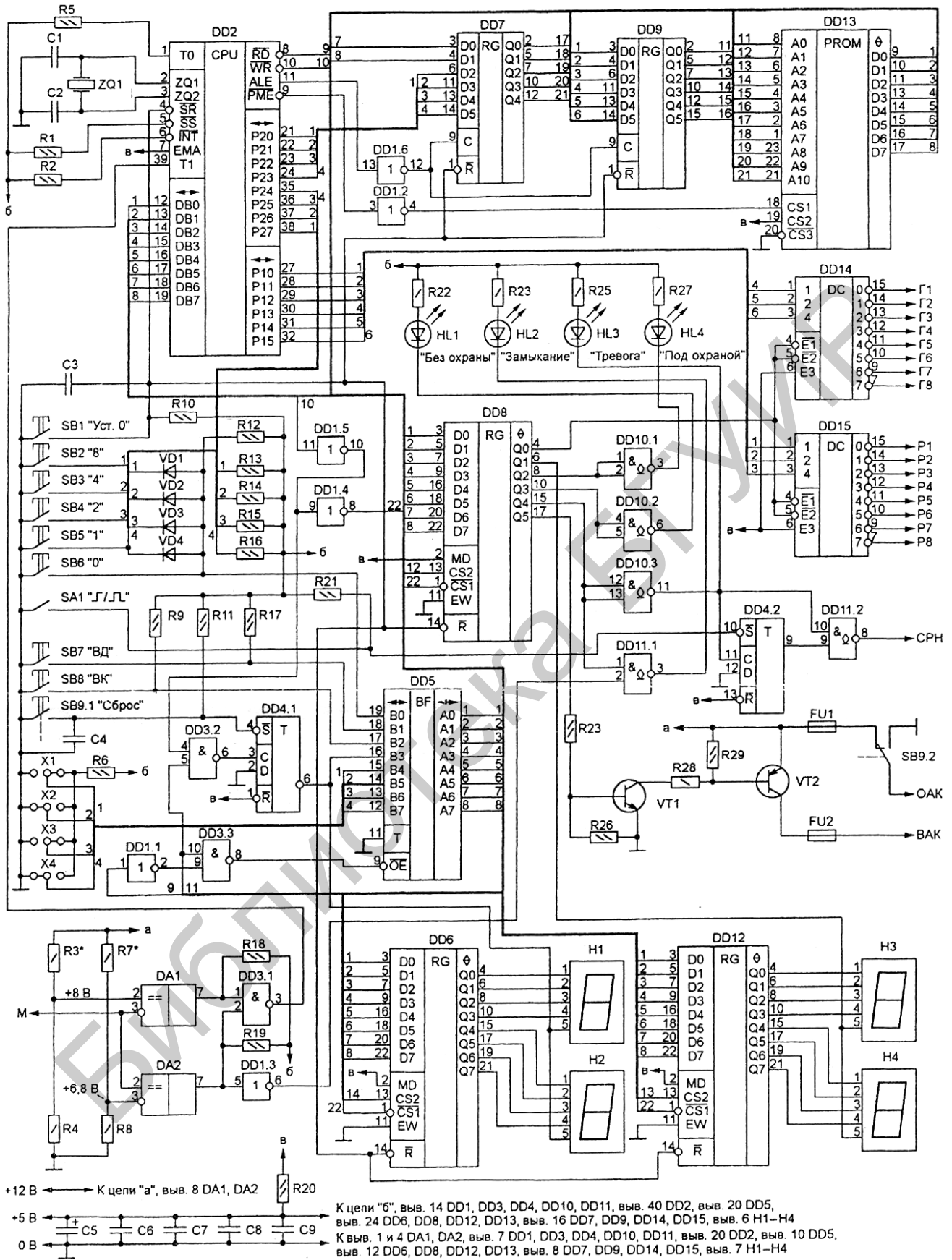
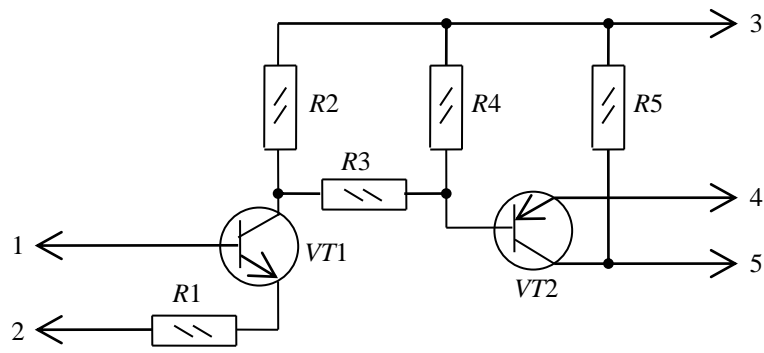
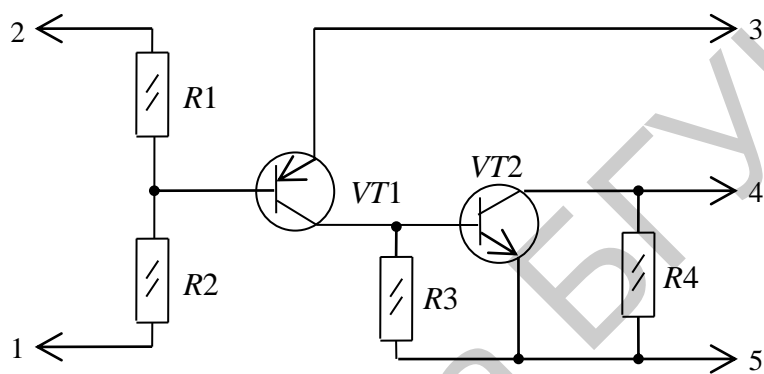


Рисунок 4.20 – Принципиальная электрическая схема системной платы



a



б

a – группового; б – разрядного
Рисунок 4.21 – Схема подключения ключей

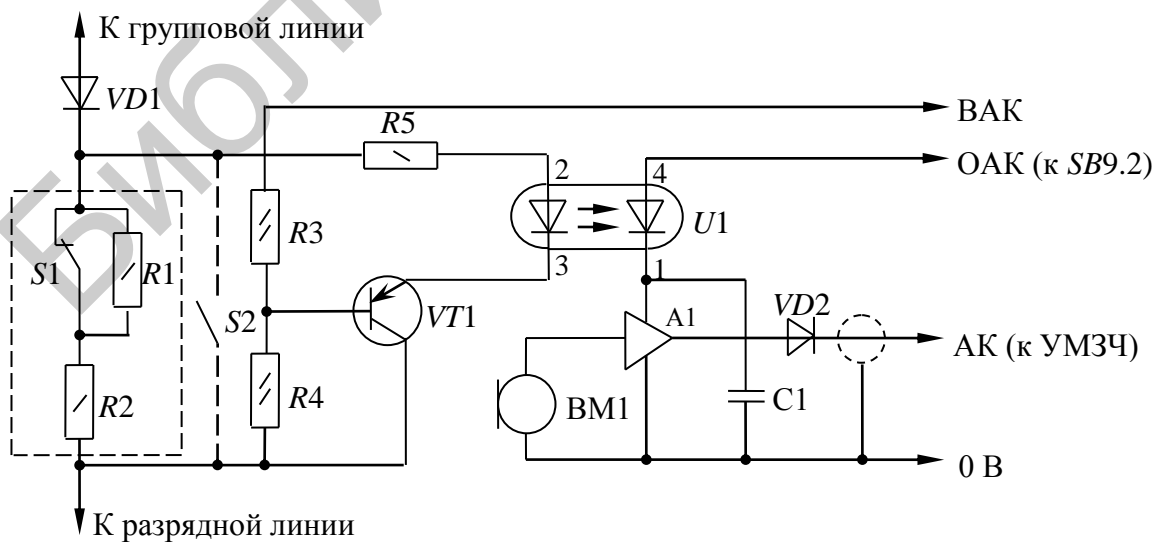


Рисунок 4.22 – Схема оборудования объекта

Формируемый контроллером импульс ВАК (включение акустического контроля) поступает одновременно на все датчики, но реагирует на него только тот из них, который в данный момент «выбран» замкнутыми групповым и разрядным ключами. В результате открывается его транзистор $VT1$, через светодиод оптрона $U1$ течет коллекторный ток, открывается фототиристор оптрона и на усилитель $A1$ подается напряжение питания. Усилитель остается включенным до тех пор, пока цепь ОАК (отключение акустического контроля) не будет кратковременно разорвана в контроллере, что приведет к закрыванию тиристора.

Вернемся к принципиальной схеме системной платы контроллера (см. рисунок 4.20). Ее основа – микроконтроллер $KP1850BE35$ ($DD2$), управляющая программа (таблица 4.2) которого хранится в ППЗУ $DD13$. Микроконтроллер обращается к внешней памяти программ, формируя сигнал PME . Микросхемы $DD7$ и $DD9$ образуют регистр адреса, запись в который происходит по сигналу ALE , причем старшие разряды адреса микроконтроллер выводит через разряды $P20$ – $P23$ своего порта $P2$.

Небольшое число периферийных регистров позволило, исключив дешифратор, пользоваться для их выбора отдельными разрядами шины адреса. Микроконтроллер обращается к регистрам по следующим адресам:

- 0001H – регистр состояния органов управления $DD5$ (чтение), триггер $DD4.1$ (запись);
- 0002H – регистр управления $DD8$ (только запись);
- 0004H – регистр индикатора оперативной информации $DD12$ (только запись);
- 0008H – регистр индикатора постоянной информации $DD6$ (только запись).

Выходные сигналы регистра управления $DD8$ включают и выключают опрос датчиков ($Q0$), а также индикаторы оперативной информации ($Q1$), взятия под охрану ($Q2$) и снятия с нее ($Q3$). На выходе $Q4$ этого регистра формируется сигнал тревоги, а $Q5$ управляет электронным ключом (транзисторы $VT1$, $VT2$), подающим сигнал включения акустического контроля. К выходам регистров оперативной ($DD12$) и постоянной ($DD6$) информации подключено по две ячейки цифровых индикаторов $H1$ – $H4$. Выполнены они по схеме, показанной на рисунке 4.23.

Микроконтроллер последовательно опрашивает датчики, выводя в порт $P1$ коды их номеров. В соответствии с ними дешифраторы $DD14$ и $DD15$ формируют сигналы опроса $G1$ – $G8$, $P1$ – $P8$. Состояние датчика, находящегося на пересечении групповой и разрядной линий, ключи которых в данный момент замкнуты, определяется по падению напряжения на нем, создаваемому током, протекающим по цепи (см. рисунок 4.19): источник питания +12 В, измерительный резистор $R1$, замкнутый групповой ключ, датчик, замкнутый разрядный ключ, общий провод. В исходном состоянии (при отсутствии тревоги) сопротивление датчика и падающее на нем напряжение малы (но не равны нулю), при срабатывании – велики.

Таблица 4.2 – Управляющая программа микроконтроллера

Адрес	Значение
0000	00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
0010	00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 04 29 EF 1D BF
0020	FF EE 1D BE FF ED 1D C5 83 C5 B8 01 80 53 01 96
0030	3A B9 34 BC 08 27 A1 19 EC 35 27 AE AF 23 FF 3A
0040	B8 02 27 90 B8 01 80 53 02 96 5B D5 BF FF BE 0F
0050	BE 01 14 1D 80 53 02 96 5B 24 42 B8 01 80 53 04
0060	96 72 D5 BF FF BE 0F BD 01 14 1D B0 53 04 96 72
0070	24 74 B8 01 80 53 01 96 89 D5 BF FF BZ 0F BD 01
0080	14 1D 80 53 01 96 89 24 14 B9 34 27 AA AB F1 AD
0090	BC 08 FD 53 01 96 A9 FD 77 AD FA 17 57 AA 1B EC
00A0	92 19 F9 D3 3C 96 8E 04 3D FB 39 D5 BF FF BE 0F
00B0	BD 01 14 1D 46 97 D5 BF FF BX 20 BD 01 14 1D 46
00C0	97 BB 01 B0 53 08 96 F8 B8 04 FA 90 B8 02 23 12
00D0	90 D5 BF FF B1 FF BD 05 14 1D 27 90 B8 20 FA A0
00E0	B8 08 90 BB 01 90 B8 02 23 20 90 D5 BF FF BE FF
00F0	BD 01 14 1D 27 90 04 97 B8 20 F0 DA C6 97 B8 04
0100	FA 50 B8 02 23 12 90 D5 BF FF BX FF B0 05 14 1D
0110	27 90 01 97 23 02 A5 90 FE 47 53 F0 AE B8 04 0A
0120	37 47 53 0F 4E AE 90 B8 01 80 53 01 C5 1D D5 BF
0130	FF BZ 0F BD 01 14 1C 80 53 01 C6 1C B8 02 27 90
0140	04 89 B8 04 FE 90 23 02 A8 90 27 AF AC FE DC C6
0150	5B 1F FC 17 57 AC 24 4D B8 01 80 53 02 C6 5A D5
0160	BF FF B1 0F BD 01 14 1D 80 53 02 C6 5A B8 02 27
0170	AE 90 04 5B B8 04 FE 90 23 02 A5 90 B8 01 80 53
0180	F0 AD FE 77 77 77 53 1F 03 34 A9 F1 AA FF 53 07
0190	AC 43 00 C6 9A FA 77 AA EC 95 FD DE 96 D2 BB 02
01A0	23 06 90 FA 43 01 AA B8 01 80 53 04 C6 A9 05 BF
01B0	FF BE 0F BD 01 14 1D 80 53 04 C6 A9 FF 53 07 AC
01C0	43 00 C6 C9 FA E7 AA EC C4 FA A1 B8 02 27 AE 90
01D0	04 72 1D FD DE 96 E2 B8 02 23 0A 90 FA 53 FE AA
01E0	24 A7 1D FD DE 96 FE FA 53 01 96 F3 B8 02 23 0A
01F0	90 24 A7 B8 02 23 06 90 24 A7 00 00 00 00 1D FD
0200	DE 96 42 B9 34 27 AC B8 01 80 53 04 C6 09 B8 02
0210	27 90 BB 08 F1 AA FA 53 01 C6 2F B8 04 FC 90 B8
0220	02 23 06 90 D5 BF FF B1 FF BD 03 14 1D 27 90 FC
0230	17 57 AC FA 77 AA EB 16 19 F9 D3 3C 96 12 27 AE
0240	24 CB 1D FD DE 96 74 B8 01 80 53 04 C6 49 D5 BF
0250	FF BE 0F B0 01 14 1D 80 53 04 C6 49 BB 04 23 11
0260	90 B8 02 23 06 90 B9 34 F1 43 FF A1 19 F9 03 3C
0270	96 6B 24 CB 1C FD DE 96 A4 B8 01 80 53 04 C6 7B
0280	D5 BF FF BE 0F BD 01 14 1D 80 53 04 C6 7B BB 04
0290	23 99 90 B8 02 23 0A 90 B9 34 F1 53 00 A1 19 F9
02A0	D3 3C 96 9A 24 CB

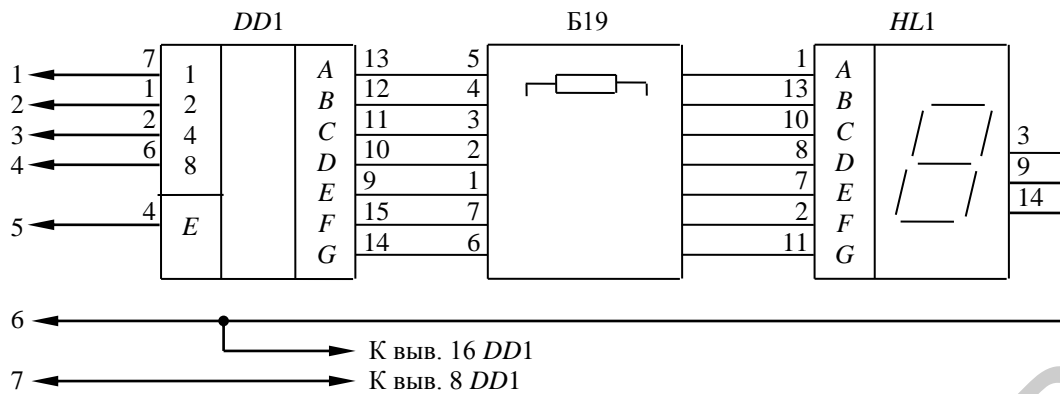


Рисунок 4.23 – Ячейки цифровых индикаторов

К точке соединения измерительного резистора с групповыми ключами (цепь М) подключены входы компараторов *DA1* и *DA2* (см. рисунок 4.20). Порог срабатывания первого из них равен 8 В и находится между уровнями напряжения, соответствующими сработавшему и не сработавшему датчику. Компаратор *DA2* реагирует на входное напряжение менее 6,8 В, т. е. ниже уровня, характерного для не сработавших датчиков. Это позволяет фиксировать замыкания подходящих к датчикам линий. При необходимости пороги компараторов могут быть изменены подборкой резисторов *R3* и *R7*.

Нештатная ситуация (тревога) фиксируется при срабатывании любого из компараторов и наличии во внутреннем ОЗУ микроконтроллера отметки, что данное помещение взято под охрану. Сигнал СРН, включающий сирену или другое исполнительное устройство, подается только при подтверждении срабатывания датчика через 20 мс после его первого обнаружения. Одновременно включается светодиод *HL3* («Тревога»), а если сработал компаратор *DA2*, то включается и светодиод *HL2* («Замыкание»). Номер датчика отображается на цифровом индикаторе оперативной информации (Н3, Н4) и запоминается во внутреннем регистре *R20* микроконтроллера. Кроме того, подается сигнал ВАК длительностью примерно 20 мс, включающий микрофонный усилитель в помещении, где сработал датчик.

Тревога продолжается 3 с, после чего о нештатной ситуации свидетельствует только номер сработавшего датчика, перенесенный на индикатор постоянной информации (Н1, Н2). Если контакты выключателя *SA1* разомкнуты, сигнал СРН останется активным и после истечения трехсекундного интервала. Отключают его переводом *SA1* в замкнутое положение.

Индикатор постоянной информации можно погасить нажатием кнопки *SB9* («Сброс»). Ее вторая контактная группа разрывает цепь ОАК, отключая прослушивание охраняемого помещения. Пока индикатор не погашен, микроконтроллер, обнаружив сработавший датчик, сравнивает его номер с хранящимся в регистре *R20*. Если они совпали, новых событий не произойдет, а если нет (сработал еще один датчик), вновь будет подан сигнал тревоги.

Несколько одновременно сработавших датчиков обрабатываются поочередно, начиная с того, у которого номер наименьший. Именно он зафиксирован в регистре $P20$ и будет выведен на индикатор постоянной информации. Каждые 3 с будет подаваться сигнал тревоги, а на индикаторе оперативной информации появляться номер очередного сработавшего датчика.

Управляют системой охраны командами, коды которых оператор набирает, пользуясь кнопками $SB2$ – $SB6$. Код команды – двузначное десятичное число, в старшем разряде которого находится цифра N , совпадающая с заданной в двоичном виде переключателями $X1$ – $X4$. На принципиальной схеме (см. рисунок 4.20) они показаны в положении, соответствующем цифре 5. При необходимости ее легко изменить, переставив переключатели.

Предусмотрены следующие команды: $N0$ – взять помещение под охрану; $N1$ – снять помещение с охраны; $N2$ – проверить, взято ли помещение под охрану; $N3$ – поочередно показать на индикаторе номера всех помещений, взятых под охрану; $N4$ – взять под охрану все помещения; $N5$ – снять с охраны все помещения.

Первые три команды требуют предварительного набора номера помещения (датчика). Для этого нажимают одну или одновременно на несколько кнопок $SB2$ – $SB6$ с таким расчетом, чтобы сумма их значений была равна старшему разряду номера. Введенная цифра будет показана в младшем разряде индикатора оперативной информации и занесена в память микроконтроллера, хотя после отпущения кнопок индикатор погаснет. Аналогично вводят вторую цифру номера. Она появится в младшем разряде индикатора, а ранее введенная – в старшем. Если допущена ошибка, достаточно повторить все сначала, введя правильные значения. После того, как правильный номер набран, нажимают кнопку $SB7$ («ВД» – ввод данных).

Аналогично набирают коды команд, но вводят их нажатием кнопки $SB8$ («ВК» – ввод команды). Режим выбранного помещения отображается светодиодами $HL4$ («Под охраной») и $HL1$ («Без охраны»). Исполнение команд взятия под охрану и снятия с нее приводит к изменению состояния соответствующих разрядов внутреннего ОЗУ микроконтроллера. Команда поочередного вывода номеров помещений, взятых под охрану, изменений в ОЗУ не производит.

Кнопка $SB1$ («Уст. 0») предназначена для перезапуска контроллера и используется в основном при отладке устройства и поиске неисправностей. Однако, если нажать ее одновременно с кнопкой $SB6$ («0»), все помещения, обслуживаемые системой, будут сняты с охраны.

4.7 Расчетная часть

В данном подразделе выполняется расчет линии связи и расчет частотных и временных параметров, например: периода опроса датчиков; длительности сигналов ТУ, ТС, ТИ; числа разрядов телемеханической функции; длительности бита и символа; частоты тактовых сигналов; спектра сигнала в линии связи;

полосы частот и т. д. Необходимые соотношения для расчета частотных и временных параметров систем приведены в [9].

Пример 4.16. Произвести расчет частоты генератора тактовых импульсов в режиме передачи команды ТУ или уставки ТР для телемеханической системы телерегулирования, которая предназначена для управления и контроля рассредоточенными объектами.

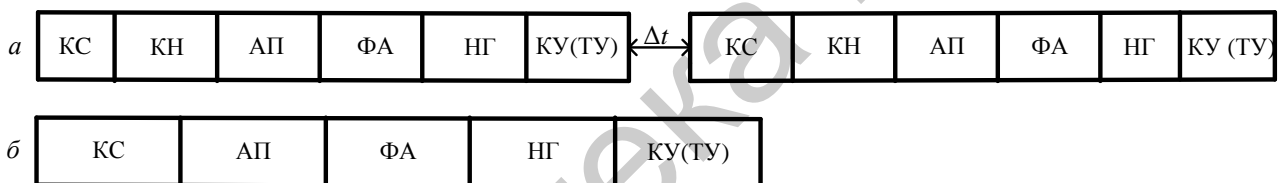
Исходные данные: конфигурация линий связи – комбинированная; количество контролируемых пунктов – 30; количество выполняемых функций – 10; количество групп объектов – до 16; количество объектов в группе – 8; количество уставок телерегулирования – 250.

Для обмена информацией между ПУ и КП принята побайтная передача сигналов. Структура сигналов в режиме ТУ и ТР имеет одинаковый вид (рисунок 4.24) и соответствует структуре сигналов примера 4.9.

Решение. Для передачи синхрокода отведен один байт. Определим число разрядов ($n_{АП}$), необходимых для кодирования номера КП:

$$n_{АП} = E \log_2 N_{АП} = E \log_2 30 = 5,$$

где $N_{АП}$ – количество контролируемых пунктов.



a – передача ТУи КУ; b – квитанция о приеме

Рисунок 4.24 – Структура сигналов в системе телерегулирования

Аналогичным образом определим количество битов, необходимых для кодирования функционального адреса ($n_{ФА}$), номера группы ($n_{гр}$), кода установки телерегулирования ($n_{кк}$):

$$n_{ФА} = E \log_2 N_{ФА} = E \log_2 10 = 4;$$

$$n_{гр} = E \log_2 N_{гр} = E \log_2 16 = 4;$$

$$n_{кк} = E \log_2 N_{уст} = E \log_2 250 = 8.$$

Для передачи синхрокода отведен первый байт, во втором байте передается код начала – 3 бита – и код номера КП, в третьем байте передается номер группы и функциональный адрес. В данной системе для выбора номера объекта в режиме ТУ используется распределительный метод избирания, для выбора номера объекта или передачи уставки предназначен четвертый байт.

В данной системе предусмотрена защита команды телеуправления и телерегулирования кодом с двукратным повторением (и дополнительной защитой каждого байта по паритету), поэтому через промежуток времени, равный одно-

му байту, осуществляется повторная передача команды. Контролируемый пункт в случае правильно принятой информации передает обратно квитанцию, которая состоит из трех байт (рисунок 4.24, б).

Таким образом, для передачи команды ТУ (ТР) и приема квитанции необходимо 11 байт. С учетом промежутка времени перед повторной передачей команды $n_{\text{байт}} = 11 + 1 = 12$. Система относится к первой группе по быстродействию, поэтому время передачи команды и получения квитанции не должно превышать 1 с.

Исходя из этого определим время, необходимое для передачи одного байта:

$$T_{\text{байта}} = \frac{t}{n_{\text{байт}}} = \frac{1}{12} = 0,083 \text{ с.}$$

В системе предусмотрена дополнительная защита каждого байта по паритету, поэтому в каждом байте будет по 9 бит. Определим длительность одного бита:

$$T_{\text{бита}} = \frac{T_{\text{байта}}}{n_{\text{бит}}} = \frac{0,083}{9} \cong 0,0093 \text{ с.}$$

Тогда частота генератора тактовых импульсов

$$F_{\text{ГТИ}} = \frac{1}{T_{\text{бита}}} = \frac{1}{0,0093} = 107 \text{ Гц.}$$

Пример 4.17. Рассчитать частоту генератора тактовых импульсов в телеметрической системе с циклическим опросом датчиков. Количество датчиков $N = 15$, максимальная частота изменения телеметрируемого параметра $F_{c \text{ max}} = 0,1$ Гц, погрешность преобразования в цифровой эквивалент $\delta = 2 \%$, способ защиты сообщений от помех – код Хэмминга с $d = 3$.

Решение. В соответствии с теоремой Котельникова время, за которое необходимо опросить каждый датчик, определяется

$$T = \frac{1}{5 \dots 10 \cdot F_{c \text{ max}}}, \text{ примем } T = \frac{1}{10 \cdot F_{c \text{ max}}} = \frac{1}{10 \cdot 0,1} = 1 \text{ с.}$$

Полное время передачи телеметрической информации складывается из времени передачи синхрокода $t_{\text{ск}}$ и времени передачи измерительного эквивалента $t_{\text{к}}$, умноженного на количество датчиков N . Структура сигналов приведена на рисунке 4.25.

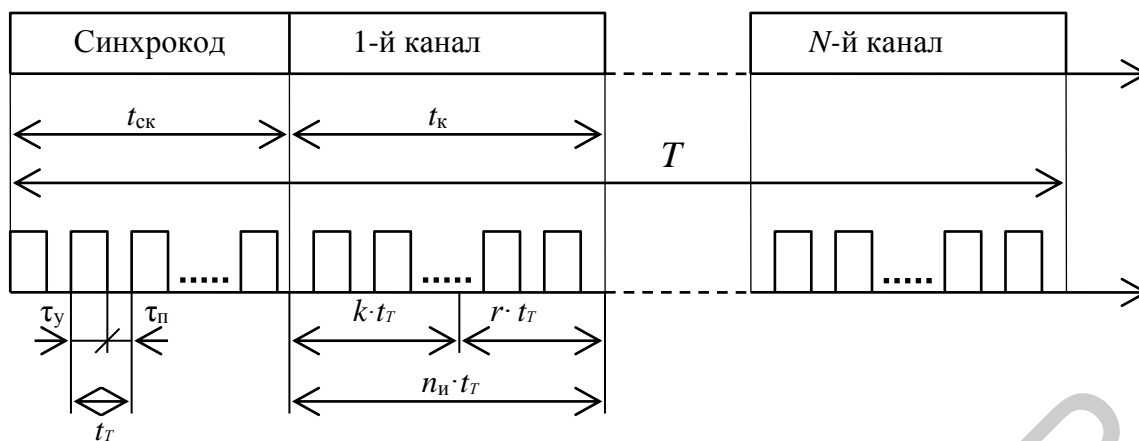


Рисунок 4.25 – Временная структура канальных сигналов в телеметрической системе с циклическим опросом датчиков

Число информационных символов k определяется из выражения для приведенной погрешности $\delta\%_{\text{прив}} = \frac{50}{2^k - 1}$, откуда

$$k = E \log_2 \left(\frac{50}{\delta} + 1 \right) = E \log_2 \left(\frac{50}{2} + 1 \right) = 5.$$

Число контрольных символов для кода Хэмминга определяется по выражению [7]

$$r_{d=3} \geq E \log_2((k + 1) + E \log_2(k + 1)) = E \log_2((5 + 1) + E \log_2(5 + 1)) = 4.$$

Таким образом, количество битов, необходимых для передачи информации от одного датчика, будет равно $n_{\text{и}} = k + r = 5 + 4 = 9$.

Время передачи информации от одного датчика $t_{\text{к}} = n_{\text{и}} \cdot t_T$, примем время передачи синхрокода $t_{\text{ск}} = t_{\text{к}}$, тогда время опроса всех датчиков $T = t_{\text{ск}} + N \cdot t_{\text{к}} = (N + 1) \cdot t_{\text{к}}$, отсюда $t_{\text{к}} = T / (N + 1) = 1/17 = 0,059$ с, а длительность одного бита $t_T = t_{\text{к}} / n_{\text{и}} = 0,059/9 = 6,5 \cdot 10^{-3}$ с.

Тогда частота генератора тактовых импульсов равна

$$F_{\text{ГТИ}} = \frac{1}{t_T} = \frac{1}{6,5 \cdot 10^{-3}} = 153 \text{ Гц.}$$

Пример 4.18. Рассчитать и построить спектр частотно-манипулированного сигнала и определить практическую полосу частот, если частота носителя $F_1 = 2$ кГц, амплитуда носителя $U = 10$ В, частота модулирующего сообщения $F_c = 100$ Гц, а девиация частоты составляет $F_d = 300$ Гц.

Примечание – При расчете спектра сигнала (принятого или заданного метода передачи сигнала в линии связи) определяются амплитуды всех гармонических составляющих, входящих в практическую полосу частот, мощность сиг-

нала, а также полоса частот, необходимая для передачи сигнала, строится амплитудно-частотный спектр. Для расчета спектров рекомендуется использовать литературу [10].

Решение. Как известно [10], спектр ЧМП-сигнала состоит из бесконечного множества гармонических составляющих вида $F_1 \pm F_c$. Однако на практике число гармонических составляющих n принимают равным индексу частотной модуляции m , т. к. при $n > m$ амплитуды гармонических составляющих имеют малые значения.

Определим индекс частотной манипуляции:

$$m = F_d / F_c = 300 / 100 = 3.$$

Учитывая, что $m < 5$, полосу частот определим из выражения [5]

$$\Delta F = 2(m+1)F_c = 2(3+1)100 = 800 \text{ Гц},$$

т. е. необходимо учитывать четыре верхние и четыре нижние боковые гармонические составляющие. Тогда выражение для указанного ЧМП-сигнала будет иметь вид

$$U_{\text{ЧМП}} = \frac{2U}{m\pi} \left(\sin \frac{m\pi}{2} \sin 2\pi F_1 t + \frac{m^2}{m^2 - 1^2} \cos \frac{m\pi}{2} \cos 2\pi(F_1 \pm F_c)t + \right. \\ \left. + \frac{m^2}{m^2 - 2^2} \sin \frac{m\pi}{2} \sin 2\pi(F_1 \pm 2F_c)t + \frac{m^2}{m^2 - 3^2} \cos \frac{m\pi}{2} \cos 2\pi(F_1 \pm 3F_c)t + \right. \\ \left. + \frac{m^2}{m^2 - 4^2} \sin \frac{m\pi}{2} \sin 2\pi(F_1 \pm 4F_c)t \right).$$

Расчет амплитуд гармонических составляющих сведем в таблицу 4.3.

Таблица 4.3 – Значения амплитуд гармонических составляющих спектра ЧМП-сигнала

Вид составляющей	Частота, Гц	Выражение для расчета амплитуд	Амплитуда, В
F_1	2000	$\frac{2U}{m\pi} \sin \frac{m\pi}{2}$	2,12
$F_1 + F_c$	2100	$\frac{2U}{m\pi} \cdot \frac{m^2}{m^2 - 1^2} \cos \frac{m\pi}{2}$	0
$F_1 - F_c$	1900		
$F_1 + 2F_c$	2200	$\frac{2U}{m\pi} \cdot \frac{m^2}{m^2 - 2^2} \sin \frac{m\pi}{2}$	3,82
$F_1 - 2F_c$	1800		
$F_1 + 3F_c$	2300	$\frac{U}{2} \sin \frac{m\pi}{2}$	5,0
$F_1 - 3F_c$	1700		
$F_1 + 4F_c$	2400	$\frac{2U}{m\pi} \cdot \frac{m^2}{m^2 - 4^2} \sin m \frac{\pi}{2}$	2,73
$F_1 - 4F_c$	1600		

Спектр ЧМП-сигнала, построенный в соответствии с таблицей 4.3, показан на рисунке 4.26.

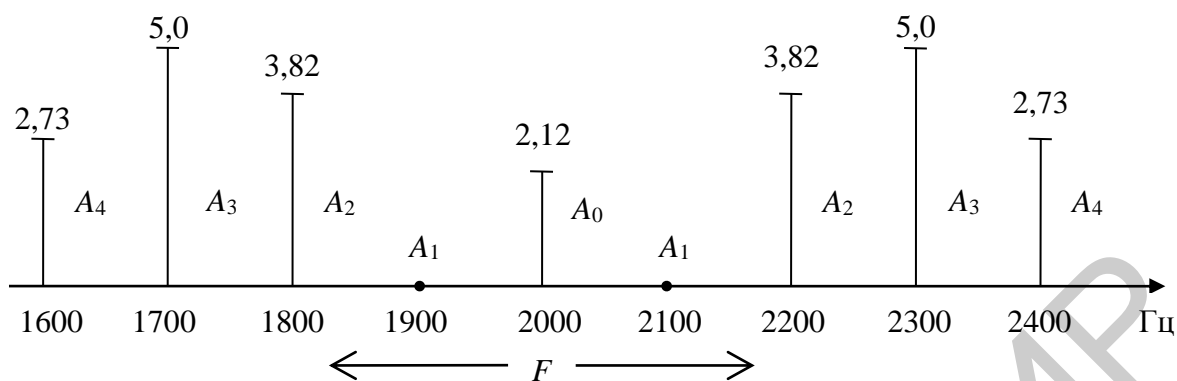


Рисунок 4.26 – Спектр ЧМП-сигнала при $m = 3$ и $Q = 2$

Полоса частот, занимаемая ЧМП-сигналом:

$$\Delta F = 2(3 + 1)100 = 800 \text{ Гц.}$$

Определим среднюю мощность сигнала в полосе частот $\Delta F = 800$ Гц:

$$\begin{aligned} \bar{P} &= \frac{A_0^2}{2} + 2 \frac{A_1^2}{2} + 2 \frac{A_2^2}{2} + 2 \frac{A_3^2}{2} + 2 \frac{A_4^2}{2} = \frac{2,12^2}{2} + 3,82^2 + 5,0^2 + 2,73^2 = \\ &= 2,25 + 14,6 + 25 + 7,45 = 49,3 \text{ Вт.} \end{aligned}$$

Полная мощность сигнала на сопротивлении 1 Ом будет равна

$$P = \frac{U_{\text{н}}^2}{2} = \frac{10^2}{2} = 50 \text{ Вт.}$$

Тогда $\bar{P} / P = 49,3 / 50 = 0,986$, т. е. в практической полосе частот $\Delta F = 800$ Гц будет передано около 98 % мощности всего ЧМП-сигнала.

Если мы выберем при $m = 3$ полосу частот из выражения $\Delta F = 2mF_c = 2 \cdot 3 \cdot 100 = 600$ Гц, то тогда средняя мощность сигнала в этой полосе составит

$$\bar{P} = 2,25 + 14,6 + 25 = 39,6 \text{ Вт.}$$

Тогда $\bar{P} / P = 39,6 / 50 = 0,79$, т. е. только около 80 % мощности всего ЧМП-сигнала будет передано, что для практических целей недостаточно.

В данном подразделе в зависимости от области применения системы, принятой структуры и типа линии связи (физическая, телефонная, радио) и выбора конкретной марки кабеля и марки радиостанции производится расчет параметров линии связи и уровня сигнала. Для волоконно-оптической линии свя-

зи рассчитывается число строительных длин линии, затухание, среднее квадратичное значение дисперсии, максимальная длина регенеративного участка и порог чувствительности приемника.

Расчет проводной линии связи заключается в определении уровня сигнала на выходе передатчика, затухания, вносимого расстоянием передачи, уровня и мощности сигнала на входе приемника. Если проводная линия связи состоит из отдельных участков, то строится диаграмма уровней и затуханий.

Расчет радиолинии и гидроакустической линии производится по методике, приведенной в [11].

Пример 4.19. Произвести расчет волоконно-оптической линии связи для передачи цифровой информации на расстояние до 80 км. Передача сообщений производится от 31 источника блоками по 1600 бит. Режим обмена данными – дуплексный, линейный код – *VI-2*, тактовая частота – 1 МГц.

Решение. Поскольку в проектируемой системе применен линейный код *VI-L*, который является разновидностью блочного кода *1B2B*, тактовая частота возрастает в два раза и скорость передачи в линейном тракте равна $V_{\text{лт}} = 2 \cdot 1 = 2$ МГц.

Произведем проверочный расчет выбранной длины ВОЛС.

Число строительных длин линии n_c определяется по формуле

$$n_c = \frac{l_{\text{py}}}{l_c} = \frac{80}{2} = 40,$$

где l_{py} – длина регенерационного участка, равная 80 км;

l_c – строительная длина оптического кабеля (ОК), равная 2 км.

Для монтажа строительных длин кабеля потребуется $n_{\text{нс}} = n_c - 1 = 40 - 1 = 39$ неразъемных соединителей, а для ввода в ОК и вывода из него оптического излучения потребуется $n_{\text{рс}} = 2$ разъемных соединителя.

Затухание α_{py} на расчетном участке линии определяется по формуле

$$\alpha_{\text{py}} = \alpha l_{\text{py}} + n_{\text{нс}} \alpha_{\text{нс}} + n_{\text{рс}} \alpha_{\text{рс}} + a_t + a_v,$$

где α – коэффициент затухания на длине волны $\lambda = 1550$ нм, равный 0,2 дБ/км;

$\alpha_{\text{нс}}$ – коэффициент затухания неразъемного соединения, равный 0,4 дБ;

$\alpha_{\text{рс}}$ – коэффициент затухания разъемного соединения (*SC*), равный 0,7 дБ;

a_t – допуск на температурные изменения параметров ВОСП, равный 1 дБ (10–30 °С);

a_v – допуск на ухудшение со временем параметров ВОСП, равный 2 дБ.

Подставляя значения величин в формулу, получаем

$$\alpha_{\text{py}} = 0,2 \cdot 80 + 39 \cdot 0,4 + 2 \cdot 0,7 + 1 + 2 = 36 \text{ дБ.}$$

Сравнивая α_{py} с минимально допустимым затуханием, определяемым величиной \mathcal{E}_n (энергетический потенциал ВОСП, равный для применяемого передающего и приемного оптоэлектрических модулей $\mathcal{E}_n = p_{\text{пер}} - p_{\text{пр}} = 40 - (-8) = 48$ дБ), т. е. $\alpha_{\text{py}} = 36 \leq \mathcal{E}_n = 48$, делается вывод, что по затуханию длина расчетного участка линии ВОСП выбрана верно.

Правильность выбора безретрансляционного участка (РУ) ВОСП оценивается также с помощью дисперсионных свойств ОВ.

Среднеквадратичное значение дисперсии выбранного ОВ σ (с/км) для одномодового волокна определяется из соотношения

$$\sigma = 10^{-12} \Delta\lambda \cdot \sigma_n = 10^{-12} \cdot 0,2 \cdot 1630 = 0,33 \cdot 10^{-9},$$

где $\Delta\lambda$ – ширина полосы оптического излучения, равная 0,2 нм для применяемого ЛД ПРОМ;

σ_n – нормированная среднеквадратичная дисперсия, равная 1630 нс/(нм·км).

С учетом дисперсионных свойств ОВ максимальная длина РУ l_{\max} (км) определяется по выражению

$$l_{\max} \leq 0,25 / \sigma \cdot B = 0,25 / 0,33 \cdot 10^{-9} \cdot 2 = 83,4.$$

Таким образом, длина РУ удовлетворяет требованиям и по дисперсионным свойствам ОВ, т. е. $l_{\text{ру}} \leq l_{\max}$. При этом условия быстродействия системы, как правило, не рассчитывается.

Произведем расчет минимально детектируемой мощности оптического сигнала.

Для рассчитываемого РУ вероятность ошибки не должна превышать

$$p_{\text{ош}} = 1,67 \cdot 10^{-10} \cdot l_{\text{ру}} = 1,67 \cdot 10^{-10} \cdot 80 = 0,13 \cdot 10^{-7}.$$

Порог чувствительности ПРОМ P_{\min} (дБм) определяется по формуле

$$P_{\min} = -70 + 10,51 \lg B = -70 + 3,16 = -66,84.$$

В соответствии с вышерассчитанными значениями в проектируемой СПЦИ с ВОСП 80 км используем одномодовый кабель 9/125 SMF-28. Оптический передатчик и приемник по своим параметрам удовлетворяют требованиям безретрансляционной передачи на расстояние 80 км с $p_{\text{ош}} = 10^{-10}$.

Пример 4.20. Сигнал мощностью $P_x = 10$ Вт подается по линии связи, которая имеет затухание $\alpha = 0,02$ дБ/км, на расстояние 100 км. Необходимо определить мощность сигнала в конце линии связи.

Решение. Уровень сигнала на выходе передатчика, согласно выражению из [11, с. 21], будет равен

$$P(P_{\text{прд}}) = 10 \lg P_x / P_0 = 10 \lg 10 \cdot 10^3 = 40 \text{ дБ}.$$

Затухание, вносимое линией связи, определяем из выражения, приведенного в [11, с. 22]:

$$b = d \cdot \alpha = 0,02 \cdot 100 = 2 \text{ дБ}.$$

Тогда уровень сигнала в конце линии связи будет равен

$$P(P_{\text{прм}}) = P(P_{\text{прд}}) - b = 40 - 2 = 38 \text{ дБ}.$$

Определим мощность сигнала на входе приемника из выражения, приведенного в [11, с. 21]:

$$P(P_{\text{прм}}) = 10 \cdot \lg P_{\text{вх}}; \quad 38 = 10 \cdot \lg P_{\text{вх}}.$$

Откуда $P_{\text{вх}} = 10^{3,8} = 6,3$ Вт.

4.8 Системные расчеты

4.8.1 Расчет надежности. В данном пункте производится расчет вероятности безотказной работы, наработки до отказа, вероятности отказа и гамма-процентной наработки до отказа. Методику расчета можно позаимствовать в [11] и [16]. Значения интенсивности отказов λ_{0j} выбирать из [15] и [16], где указаны данные для элементов производства СНГ и зарубежных производителей или воспользоваться данными таблицы 4.4.

Таблица 4.4 – Значения интенсивности отказов λ_{0j} наиболее часто применяемых элементов электронной техники

Группа элементов	$\lambda_{0j} \cdot 10^{-6}$ 1/ч
1	2
1 Интегральные микросхемы (ИМС)	
Полупроводниковые цифровые:	
- логические, арифметические;	0,023
- микропроцессоры и микропроцессорные комплекты, регистры сдвига и др.;	0,030
- оперативные запоминающие устройства (ОЗУ);	0,018
- постоянные запоминающие устройства (ПЗУ, ППЗУ, РПЗУ)	0,018
Полупроводниковые аналоговые	0,028
Гибридные ИМС	0,043
2 Полупроводниковые приборы (ППП)	
Диоды выпрямительные	0,091
Столбы (мосты) выпрямительные	0,21
Диоды импульсные	0,025
Варикапы подстроечные	0,022
Стабилитроны	0,0041
Транзисторы биполярные кремниевые, кроме СВЧ	0,044
Транзисторы полевые:	
- кремниевые;	0,065
- арсенидогаллиевые	0,578
Тиристоры кремниевые	0,2
Диоды СВЧ:	
- кремниевые (кроме умножительных и настроечных);	0,162
- кремниевые умножительные и настроечные;	1,61
- арсенидогаллиевые	0,21
Транзисторы СВЧ малой и средней мощности	0,064
Транзисторы СВЧ большой мощности	0,18

Продолжение таблицы 4.4

1	2
3 Оптоэлектронные полупроводниковые приборы	
Фотодиоды на основе кремния	0,185
Фототранзисторы	0,15
Фоторезисторы на основе PbS	1,8
Диоды, излучающие инфракрасный и видимый диапазон (светодиоды)	0,034
Оптопары диодные, транзисторные	0,051
Оптопары тиристорные, резисторные, микросхемы оптоэлектронные	0,19
4 Знакосинтезирующие индикаторы	
Индикаторы полупроводниковые:	
- буквенно-цифровые;	0,42
- дисплеи с диодной матрицей	0,21
Индикаторы вакуумные люминесцентные:	
- цифровые;	0,83
- буквенно-цифровые	0,69
Индикаторы вакуумные накаливаемые цифровые	0,31
Индикаторы газоразрядные:	0,79
- цифровые;	2,25
- буквенно-цифровые	
Индикаторы жидкокристаллические цифровые многоразрядные	0,88
5 Конденсаторы	
Слюдяные	0,04
Электролитические алюминиевые	0,173
Керамические	0,019
Бумажные и металлобумажные	0,022
С органическим синтетическим диэлектриком	0,028
6 Резисторы	
Резисторы постоянные непроволочные:	
- металлодиэлектрические;	0,044
- металлизированные композиционные	0,034
Резисторы переменные:	
- непроволочные;	0,179
- проволочные	0,183
Терморезисторы	0,007
7 Элементы коммутации	
Переключатели галетные	0,058/0,0027(1/вкл.)
Тумблеры	0,1/0,0064 (1/вкл.)
Кнопки, кнопочные переключатели	0,16/0,009 (1/вкл.)
Микропереключатели	0,045/0,0019 (1/вкл.)
Переключатели на базе герконов	0,13/0,005 (1/вкл.)
Контакты магнитоуправляемые:	0,0007 (1/сраб.)
- замыкающего типа;	0,018 (1/сраб.)
- переключающего типа	
8 Соединители (разъемы)	
Низкочастотные прямоугольные для печатного монтажа	0,0041
Низкочастотные для объемного монтажа	0,0104
Радиочастотные с полиэтиленовой изоляцией	0,015

Продолжение таблицы 4.4

1	2
9 Прочие элементы и компоненты	
Трансформаторы: - питания; - преобразователей напряжения; - согласующие, импульсные и др.	0,0035 0,0072 0,0019
Электронно-лучевые трубки: - осциллографические, индикаторные; - кинескопы монохромные; - кинескопы цветные	1,67 1,1 13,17
Дроссели	0,033
Катушки индуктивности	0,01
Реле электромагнитные общего назначения	0,0304 (1/ком.)
Пьезоэлектрические приборы (кварцевые резонаторы, датчики, фильтры)	0,026
Линии задержки	0,04
Предохранители	0,011
Держатели предохранителей	0,003
Индикаторные электрические лампочки при минимальной продолжительности горения T_{\min} , указываемой в ТУ: - при переменном напряжении до 12 В; - при постоянном напряжении до 12 В; - при переменном напряжении 200–240 В	1,8 5,4 77,8
Соединения (значения базовой интенсивности отказов): - ручная пайка без накрутки; - ручная пайка с накруткой; - пайка волной; - обжимка (опрессовка); - клеммный блок (узел)	0,0013 0,00007 0,000069 0,00012 0,062
Пайки сквозных металлизированных отверстий в платах с металлизированными отверстиями (значения базовой интенсивности отказов в зависимости от технологии межсоединений): - печатный монтаж; - монтаж дискретными проводниками	0,000017 0,00011
Кабели, шнуры, провода монтажные (значения базовой интенсивности отказов): - кабели (провода) радиочастотные коаксиальные; - провода монтажные низковольтные обычной теплостойкости; - шнуры питания гибкие с резиновой изоляцией (без вилок питания)	0,00127(1/м) 0,0577 (1/м) 0,037 (1/м)
<p><i>Примечания</i></p> <p>1 Для ИМС базовые интенсивности отказов соответствуют ИС средней степени их интеграции не в пластмассовых корпусах, условиям типовой (усредненной) электрической нагрузки и температуре окружающей среды $t = 25^\circ\text{C}$.</p> <p>2 Для ППП, включая полупроводниковые индикаторы, интенсивность отказов соответствует приборам не в пластмассовых (полимерных) корпусах. Указано значение, приходящееся на один разряд индикатора (диодной матрицы).</p> <p>3 Интенсивность отказов коммутационного изделия в целом указана в числителе, а дополнительная интенсивность отказов, приходящаяся на одно переключение при работе, – в знаменателе.</p> <p>4 Базовая интенсивность отказов кабелей, шнуров, монтажных проводов приведены на 1 м длины.</p>	

Ниже приведены три варианта расчета показателей надежности. Первый вариант (пример 4.21) соответствует эксплуатации изделий в нормальных лабораторных условиях, второй (пример 4.22) – при эксплуатации в более жестких условиях, третий (пример 4.23) – соответствует уточненному расчету показателей надежности.

Выбор того или иного варианта расчета показателей надежности проектируемой системы определяется студентом самостоятельно с необходимым обоснованием.

Пример 4.21. Произвести приближенный расчет надежности изделия 15ХМ8 для промежутков времени t_2 , равных 10, 100, 1000, 10 000, 100 000 ч. Наименование элементов и их количество и позиционное обозначение приведены в таблице 4.5. Изделие эксплуатируется в нормальных лабораторных условиях. Элементы, входящие в состав изделия, соответствуют приемке <<5>> (ОВП), т. е. $K_{п} = 1,0$. Построить график зависимости вероятности безотказной работы и вероятности отказов от времени.

Таблица 4.5 – Исходные и расчетные данные

Наименование элементов	Позиционное обозначение	Число элементов	Интенсивность отказов $\lambda_{0j} \cdot 10^{-6}, 1/ч$	$\lambda_{0j} \cdot n_j \cdot 10^{-6}, 1/ч$
1 Микроконтроллер	DD1, DD2	2	0,023	0,046
2 ОЗУ	DD3–DD5	3	0,030	0,090
3 Логические интегральные микросхемы	DD5–DD14	10	0,023	0,23
4 Мост выпрямительный	VD1	1	0,21	0,21
5 Транзисторы биполярные кремневые	VT1–VT10	10	0,044	0,44
6 Оптопара диодная	UT1–UT2	2	0,051	0,102
7 Светодиоды инфракрасного диапазона	HD2–HD6	5	0,034	0,170
8 Разъемы	XS1–XS5	5	0,015	0,075
9 Пайка ручная	–	400	0,0013	0,52
10 Резонатор кварцевый	BQ1	1	0,026	0,026
11 Трансформатор питания	T1	1	0,0035	0,0035
12 Резисторы ОМЛТ	R1–R20	20	0,044	0,88
13 Конденсаторы керамические	C1–C20	20	0,022	0,44
14 Конденсаторы электролитические	C21–C25	5	0,173	0,865
15 Переключатели кнопочные	SB1–SB5	5	0,16	0,80
16 Шнур питания (2 м)	–	–	0,037	0,074

Решение. Из таблицы 4.4 выбираем интенсивности отказов элементов и с учетом их количества рассчитываем интенсивность группы элементов. Результаты заносим в таблицу 4.5.

Определяем общее значение интенсивности отказов элементов изделия:

$$\lambda_{\text{общ}} = [0,046 + 0,090 + 0,23 + 0,21 + 0,44 + 0,102 + 0,170 + 0,075 + 0,52 + 0,026 + 0,0035 + 0,88 + 0,44 + 0,865 + 0,80 + 0,074] \cdot 10^{-6} = 4,74 \cdot 10^{-6} \text{ 1 / ч.}$$

Вычисляем вероятность безотказной работы для указанных в задании промежутков времени из выражения

$$P(t) = \exp(-t_i \cdot \lambda_{\text{общ}}).$$

Таким образом,

$$\begin{aligned} P(0) &= \exp(-0 \cdot 4,74 \cdot 10^{-6}) = 1, \\ P(10) &= \exp(-10 \cdot 4,74 \cdot 10^{-6}) = 0,9999, \\ P(100) &= \exp(-100 \cdot 4,74 \cdot 10^{-6}) = 0,9995, \\ P(1000) &= \exp(-1000 \cdot 4,74 \cdot 10^{-6}) = 0,9952, \\ P(10000) &= \exp(-10\,000 \cdot 4,74 \cdot 10^{-6}) = 0,9537, \\ P(100000) &= \exp(-100\,000 \cdot 4,74 \cdot 10^{-6}) = 0,6225. \end{aligned}$$

Вычисляем вероятности отказов из выражения

$$Q(t) = 1 - P(t).$$

Тогда

$$\begin{aligned} Q(0) &= 1 - 1 = 0, \\ Q(10) &= 1 - 0,9999 = 0,0001, \\ Q(100) &= 1 - 0,9995 = 0,0005, \\ Q(1000) &= 1 - 0,9952 = 0,0048, \\ Q(10000) &= 1 - 0,9537 = 0,0463, \\ Q(100000) &= 1 - 0,6225 = 0,3775. \end{aligned}$$

Определяем наработку на отказ:

$$\begin{aligned} T_0 &= 1 / \lambda_{\text{общ}} = 1 / (4,75 \cdot 10^{-6}) = \\ &= 210970,4 \text{ ч} = 8790,4 \text{ д.} = 283,6 \text{ мес.} \approx 24 \text{ г.} \end{aligned}$$

По результатам вычислений строим графики зависимости вероятности безотказной работы и вероятности отказов от времени (рисунок 4.27).

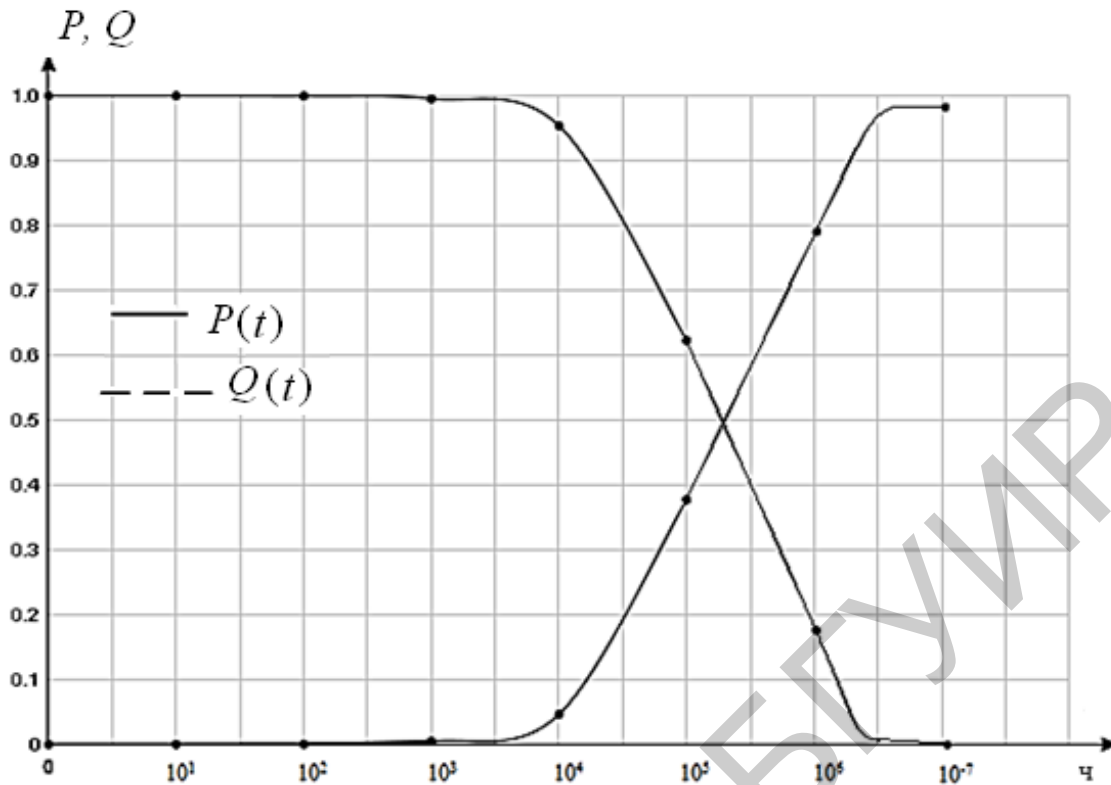


Рисунок 4.27 – Зависимость вероятности безотказной работы $P(t)$ и вероятности отказов $Q(t)$ от времени

В результате проведения вычислений видно, что изделие надежно, т. к. наработка на отказ составляет 24 г.

Пример 4.22. Произвести приближенный расчет надежности изделия 15XM8 на стадии проектирования по данным таблицы 4.5 для случая, когда изделие предполагается эксплуатировать на стартовой площадке запуска ракет, т. е. обобщенный эксплуатационный коэффициент $K_3 = 20$ [17].

Решение. Суммарную интенсивность отказов изделия с учетом обобщенного эксплуатационного коэффициента определим из выражения:

$$\lambda_{\Sigma} = K_3 \cdot \lambda_{\text{общ}} = 20 \cdot 4,74 \cdot 10^{-6} = 94,8 \cdot 10^{-6} \text{ 1/ч.}$$

Определяем наработку на отказ:

$$T_H = 1/\lambda_{\Sigma} = 1/(94,8 \cdot 10^{-6}) = 10\,500 \text{ ч} = 440 \text{ д.} \approx 1,2 \text{ г.}$$

Вычисляем вероятность безотказной работы при условии, что время работы изделия равно наработке на отказ, т. е.

$$P(t) = \exp(-T_H \cdot \lambda_{\Sigma}) = \exp(-1) = 0,367.$$

Вычисляем вероятность отказов

$$Q(t) = 1 - P(t) = 1 - 0,367 = 0,633.$$

Сравнивая результаты примеров 4.21 и 4.22, видим, что условия эксплуатации существенно влияют на показатели надежности.

Пример 4.23. Произвести уточненный расчет показателей надежности изделия 35ТП8 при заданном времени работы $t_{\delta} = 1000$ ч и $\gamma = 95\%$, если предельное значение рабочей температуры $t_{\text{д\`а\`а.max}} = 70^{\circ}\text{C}$, а коэффициент нагрузки резисторов и конденсаторов $K_i = 0,1$. Наименование элементов и их количество указано в таблице 4.6.

Решение. По таблице 4.4 находим справочные значения интенсивности отказов элементов и заносим их в таблицу 4.6.

Из таблицы 5.1 [16, с. 18–20] выбираем математические модели для расчета эксплуатационной интенсивности отказов интегральных схем (4.1), конденсаторов (4.2) и резисторов (4.3):

$$\lambda_{\text{э}} = \lambda_{0j} \cdot K_t \cdot K_{\text{ис}} \cdot K_{\text{корп}} \cdot K_v \cdot K_{\text{э}} \cdot K_{\text{п}}, \quad (4.1)$$

$$\lambda_{\text{э}} = \lambda_{0j} \cdot K_p \cdot K_c \cdot K_{\text{э}} \cdot K_{\text{п}}, \quad (4.2)$$

$$\lambda_{\text{э}} = \lambda_{0j} \cdot K_p \cdot K_R \cdot K_M \cdot K_{\Delta} \cdot K_{\text{э}} \cdot K_{\text{п}}. \quad (4.3)$$

Пояснение величин, входящих в математические модели, номера формул и таблиц для их определения можно найти в [16, с. 18–20]. Найденные значения поправочных коэффициентов, используемых в математических моделях, записаны в таблице 4.6. Значение суммарной эксплуатационной интенсивности отказов элементов группы, полученное из выражения $\lambda_{\text{э}\Sigma} = [\lambda_{0j} \prod_i K_i] \cdot n_i$, заносим в таблицу 4.6.

Подсчитаем эксплуатационную интенсивность отказов изделия λ_m , просуммировав значения последнего столбца таблицы 4.6. В результате получим

$$\begin{aligned} \lambda_1 &= [1,834 + 1,882 + 3,062 + 3,700 + 3,028 + 0,917 + 0,208 + 0,067 + 1,571] \cdot 10^{-6} = \\ &= 16,269 \cdot 10^{-6} \text{ } \dot{\div}^{-1}. \end{aligned}$$

Определяем наработку на отказ по выражению, взятому из [16, с. 18–20]:

$$T_0 = 1/\lambda_1 = 1/(16,269 \cdot 10^{-6}) \approx 61\,460 \text{ } \dot{\div}.$$

Вероятность безотказной работы за заданное время $t_p = 10\,000$ ч составляет

$$P_m(t_p) = \exp(-t_p / T_0) = \exp(-10\,000 / 61\,460) = 0,85.$$

Таблица 4.6 – Исходные и расчетные данные

Элемент, компонент	Позиц. обозн.	К-во, n_i	$\lambda_{0j} \cdot 10^{-6},$ $^{\circ}\text{C}^{-1}$	Значение поправочного коэффициента											$\prod_i K_i$	$\lambda_{\Sigma} \cdot 10^{-6},$ $1/^{\circ}\text{C}$
				$K_{ис}$	K_p	K_t	$K_{корп}$	K_v	K_c	K_R	K_M	K_{Δ}	K_{Σ}	$K_{п}$		
ИМС	DD1	2	0,023	1,88	–	2,57	1	1	–	–	–	–	1,5	5,5	39,861	1,834
ИМС	DD2	2	0,023	1,93	–	2,57	1	1	–	–	–	–	1,5	5,5	40,921	1,882
ИМС	DD3	4	0,023	1,57	–	2,57	1	1	–	–	–	–	1,5	5,5	33,288	3,062
ИМС	DA9, DA10	2	0,028	2,84	–	2,57	1	1	–	–	–	–	1,5	5,5	66,073	3,700
ИМС	DD4	3	0,023	2,07	–	2,57	1	1	–	–	–	–	1,5	5,5	43,889	3,028
ИМС	DD5	1	0,023	1,88	–	2,57	1	1	–	–	–	–	1,5	5,5	39,861	0,917
Конденсаторы	C1–C10	10	0,022	–	0,12	–	–	–	1,21	–	–	–	1,3	5	0,944	0,208
Резистор МЛТ	R1	1	0,044	–	0,48	–	–	–	–	1	0,7	1	1,5	3	1,512	0,067
Резистор МЛТ	R2–R12	11	0,044	–	1,033	–	–	–	–	1	0,7	1	1,5	3	3,245	1,571

Гамма-процентная наработка до отказа $\gamma = 95 \%$ составит

$$T\lambda = -T_0 \ln(\gamma) = -61460 \ln(0,95) \approx 3153 \text{ ч.}$$

Примечание – В данном примере не учитывалась пайка элементов. При производстве расчета показателей надежности в курсовом проекте ее необходимо учитывать в обязательном порядке.

4.8.2 Расчет помехоустойчивости. При расчете помехоустойчивости дискретных сообщений, в зависимости от метода передачи, определяется коэффициент, характеризующий потенциальную помехоустойчивость, вероятность искажений элементарного сигнала и вероятности правильного приема, появления обнаруживаемых и необнаруживаемых ошибок, а также вероятность исправления, если применяемый код это позволяет. Расчет производить для случая симметричного канала. Необходимые значения интеграла вероятностей приведены в [11, с. 127–130].

Пример 4.24. Команда телеуправления длиной $n_0 = 4$, закодированная кодом с двукратным повторением, передается в линию связи методом амплитудной манипуляции. Определить вероятности правильного приема $P_{\text{пр}}$, появления обнаруженных $P_{\text{о.ош}}$ и необнаруженных $P_{\text{н.ош}}$ ошибок, если длительность элементарного сигнала составляет $\tau = 20$ мс, амплитуда полезного сигнала на входе приемника $U_c = 0,1$ В, а в канале связи действует флуктуационная помеха со среднеквадратичным значением амплитуды $U_{\text{п.ск}} = 0,02$ В.

Решение. Расчет потенциальной помехоустойчивости произведем по методике, изложенной в [11], согласно которой вероятность подавления и воспроизведения ложного сигнала в симметричном канале одинаковы и определяются выражением

$$P_{10} = P_{01} = P_1 = V(\alpha / \sqrt{2}), \quad (4.4)$$

где V – вероятностный интеграл, значения которого приведены в [11, с. 127–130];

α – величина, характеризующая потенциальную помехоустойчивость, которая определяется по формуле

$$\alpha = \frac{1}{\sigma_0} \sqrt{\int_0^\tau (A_1(t) - A_2(t))^2 dt}, \quad (4.5)$$

где $A_1(t)$ и $A_2(t)$ – образцы передаваемых сигналов;

σ_0 – удельное напряжение помехи в полосе частот 1 Гц, которое определяется из выражения

$$\sigma_0 = U_{\text{п.ск}} / \sqrt{\Delta F}. \quad (4.6)$$

При амплитудной манипуляции $A_1(t) = U_c \sin \omega_1 t$, а $A_2(t) = 0$.

Подставив значения $A_1(t)$ и $A_2(t)$ в (4.5) и произведя интегрирование, получим, что при $2\omega_1 \gg 2\pi/\tau$:

$$\alpha^2 = \frac{1}{P_0} \int_0^\tau (U_c \sin \omega_1 t - 0)^2 dt = \frac{U_c^2 \tau}{2P_0}. \quad (4.7)$$

Для передачи радиоимпульса длительностью $\tau = 20$ мс необходима полоса частот $\Delta F = 2/\tau = 2 \cdot 10^3 / 20 = 100$ Гц.

В соответствии с выражением (4.6) $\sigma_0 = 0,02 / \sqrt{100} = 0,002$ В/Гц.

Согласно формуле (4.7) $\alpha = 0,1\sqrt{0,02}/(0,002\sqrt{2}) = 5,01$.

Тогда из выражения (4.4) находим, что

$$P_{10} = P_{01} = P_1 = V(\alpha / \sqrt{2}) = V(5,01/1,41) = V(3,55) = 1,926 \cdot 10^{-4}.$$

Зная вероятность искажения элементарного сигнала, определим $P_{\text{пр}}$, $P_{\text{о.ош}}$, $P_{\text{н.ош}}$.

Код с двукратным повторением не обнаруживает ошибок, возникающих одновременно в сравниваемых при приеме разрядах двух частей кода. Вероятность необнаруженных ошибок приема в данном коде при $n_0 = 4$ составит

$$P_{\text{н.ош}} = \sum_{i=1}^{n_0} C_{n_0}^i P_1^{2i} (1 - P_1)^{n-2i} = C_4^1 P_1^2 (1 - P_1)^{8-2} + C_4^2 P_1^4 (1 - P_1)^{8-4} = \\ = 4(1,926 \cdot 10^{-4})^2 \cdot (1 - 1,926 \cdot 10^{-4})^6 + 6(1,926 \cdot 10^{-4})^4 \cdot (1 - 1,926 \cdot 10^{-4})^4 \cong 16 \cdot 10^{-8}.$$

Вероятность правильного приема будет равна

$$P_{\text{пр}} = (1 - P_1)^n = (1 - 1,926 \cdot 10^{-4})^8 = 0,9985.$$

Тогда вероятность появления обнаруженных ошибок составит

$$P_{\text{о.ош}} = 1 - P_{\text{пр}} - P_{\text{н.ош}} = 1 - 0,9985 - 16 \cdot 10^{-8} = 15 \cdot 10^{-4}.$$

В заключение следует отметить, что вероятность появления необнаруженных ошибок значительно меньше вероятности возникновения обнаруженных ошибок.

4.8.3 Расчет скорости передачи и пропускной способности канала связи. Для расчета скорости передачи и пропускной способности дискретных каналов необходимо воспользоваться вероятностью искажения элементарного сигнала, полученной при расчете потенциальной помехоустойчивости.

При расчете скорости передачи информации необходимо знать избыточность кода.

При передаче информации многоуровневыми цифровыми методами модуляции, рассмотренными в [10], расчет скорости передачи данных необходимо вести по формуле Найквиста.

Расчет пропускной способности непрерывного канала производить по выражению (1.57) из [11, с. 57], а пропускной способности симметричного дискретного канала – по выражению (1.56) из [11, с. 57].

Пример 4.25. В бинарном симметричном канале вероятности подавления и воспроизведения ложного сигнала одинаковы и равны $P_{10} = P_{01} = P_1 = 10^{-3}$. Длительности символов одинаковы и равны $\tau = 1$ мс. Определить пропускную способность канала.

Решение. Пропускную способность определим из выражения (1.56) из [11, с. 57]:

$$C = V_\tau (1 + P_1 \log P_1 + (1 - P_1) \log(1 - P_1)),$$

где V_τ – техническая скорость (скорость модуляции) передачи сигнала, бод ($V_\tau = 1/\tau$).

Подставив значения, получим

$$\begin{aligned} C &= 10^3 (1 + 10^{-3} \log 10^{-3} + (1 - 10^{-3}) \log(1 - 10^{-3})) = \\ &= 1000(1 - 0,0099 - 0,0014) = 988,7 \text{ дв.ед./с.} \end{aligned}$$

Пример 4.26. Рассчитать скорости передачи сигнала V_τ и передачи данных R в дискретном канале. Длительность единичного элемента $\tau = 10$ мс, каждый информационный элемент несет 1 бит информации, на каждые семь информационных элементов приходится один проверочный.

Решение. Скорость модуляции (передачи сигнала) $V_\tau = 1/\tau$ и, следовательно, $V_\tau = 1/0,01 = 100$ бод. Скорость передачи данных (информации) будет определяться числом информационных элементов, переданных в секунду, т. е. $R = V_\tau \cdot 7/8 = 87,5$ бит/с.

Пример 4.27. Определить скорость передачи данных по каналу связи, если скорость передачи сигнала составляет $V_\tau = 2400$ бод, а передача информации осуществляется многоуровневым методом модуляции КАМ-16.

Решение. Скорость передачи данных определим из выражения

$$R = V_\tau \log M = 2400 \log 16 = 2400 \cdot 4 = 9600 \text{ бит/с.}$$

Пример 4.28. Определить скорость информации в телефонном канале связи ($\Delta F = 3100$ Гц), если отношение сигнал/шум $P_c / P_{\text{ш}} = 30$ дБ.

Решение. Скорость передачи данных определим из выражения для пропускной способности непрерывного канала [12]:

$$C = \Delta F \log(P_c / P_{\text{ш}} + 1) = 3100 \log(1000 + 1) \approx 30 \text{ кбит/с.}$$

4.9 Разработка программного обеспечения

Программное обеспечение разрабатывается для всех устройств, реализуемых программно. Листинг программы должен сопровождаться подробными комментариями. Для гарантии того, что программа работоспособна, необходимо производить отладку с помощью специальных средств.

Пример 4.29. Разработать программное обеспечение устройства защиты от ошибок (УЗО) передатчика системы передачи цифровой информации (СПЦИ). УЗО обеспечивает защиту данных кодом с двойной проверкой на четность и решающую обратную связь с адресным повторением (РОС-АП).

Решение. Программное обеспечение включает в себя основную программу, подпрограмму взаимодействия коммутатора и УЗО передатчика, подпрограмму приема блока данных от источника информации и подпрограмму передачи данных в УПС передатчика, которые приведены ниже.

Программа работы УЗО передатчика АПД проектируемой системы начинается с инициализации векторов прерывания.

```
0002          ORG 03H          ; формирование вектора
0003          JMP RECEIV      ; внешнего прерывания INT0
000A          ORG 0BH          ; формирование вектора
000B          JMP SK          ; прерывания от таймера T0
```

Основная программа имеет следующий вид:

```
000E          ORG 0EH          ; основная программа
000E          MOV 20H, #01H    ; адрес 1-го блока
0010          ;
0012          MOV 22H, #01H    ; адрес 2-го блока
0014          MOV 23H, #FCH    ;
0016          MOV 24H, #02H    ; адрес 3-го блока
0018          MOV 25H, #F7H    ;
001A          MOV 26H, #03H    ; адрес 4-го блока
001C          MOV 27H, #F2H    ;
001D          MOV 28H, #04H    ; адрес 5-го блока
001F          MOV 29H, #EDH    ;
0022          MOV 2AH, #05H    ; адрес 6-го блока
0024          MOV 2BH, #E8H    ;
0026          MOV 2CH, #06H    ; адрес 7-го блока
0028          MOV 2DH, #E3H    ;
002A          MOV 2EH, #07H    ; адрес 8-го блока
002C          MOV 2FH, #DEH    ;
002E          MOV 30H, #08H    ; адрес 9-го блока
0032          MOV 31H, #D9H    ;
0034          MOV 32H, #09H    ; адрес 10-го блока
0036          MOV 33H, #D4H    ;
0038          MOV 34H, #0AH    ; адрес 11-го блока
003A          MOV 35H, #CFH    ;
003C          MOV 36H, #0BH    ; адрес 12-го блока
003E          MOV 37H, #CAH    ;
```

0042	MOV 38H, #0CH	; адрес 13-го блока
0044	MOV 39H, #C5H	;
0046	MOV 3AH, #0DH	; адрес 14-го блока
0046	MOV 3BH, #C0H	;
0048	MOV 3CH, #0EH	; адрес 15-го блока
004A	MOV 3DH, #BEH	;
004C	MOV R1, #20H	; адрес начала таблицы адресов блоков
004E	MOV R7, #0FH	; 15 блоков
0052	MOV DPTR, #0100H	; адрес начала кадра
0056	MOV A, #01111110B	; маркер начала кадра
0058	MOVX @DPTR, A	; пересылка в ВПД
005C	MOV DPTR, #0FC6H	; адрес конца кадра
005E	MOV A, #00000000B	; маркер конца кадра
0062	MOVX @DPTR, A	; пересылка в ВПД
0066	INC DPTR	; формирование маркера конца кадра
0068	MOVX @DPTR, A	; пересылка в ВПД
0072	MOV R0, #10H	; адрес таблицы адресов РОС-АП
0074	MOV R4, #32H	; количество принимаемых байтов (50×4)
0076	CLR SCON.6	; установка режима работы
0078	SETB SCON.7	; УАПП (режим 1–01 ₂)
007A	CLR TMOD.2	; режим внутреннего таймера 0
007C	CLR TMOD.6	; режим внутреннего таймера 1
007E	CLR TMOD.1	; таймер T/C0 в 16-разрядном
0082	SETB TMOD.0	; режиме
0084	CLR TMOD.5	; таймер T/C1 в 16-разрядном
0086	SETB TMOD.4	; режиме
0088	MOV TH0, #E0H	; загрузка таймера 0
008A	MOV TL0, #00H	;
008C	CLR IE.1	; запрет прерывания от таймера 0
008E	SETB TCON.4	; запуск таймера 0 (синхронизация по кадрам)
0092	CLR P2.7	; бит готовности к приему
0094	MR: JB SCON.0, MR	; ожидание байта в приемнике УАПП
0096	LCALL RIUART	; подпрограмма обработки сообщения
009A	JNB P2.7, MR	; ожидание адреса блока данных ИТС
009C	CJNE R7, #00H, MR2	; ожидание готовности кадра данных
00A2	MOV R0, #10H	; перезагрузка R0
00A4	MOV R1, #20H	; перезагрузка R1
00A6	MOV R7, #0FH	; перезагрузка R7
00A8	MOV TH1, #F0H	; загрузка таймера 1
00AA	MOV TL1, #00H	; длина кадра 15×256, т. е. F000h
00AC	MOV DPTR, #0100H	; адрес начала кадра
00B0	SETB IE.1	; разрешение прерывания от таймера 0
00B2	JMP MR	; ожидание прерывания от таймера 0
00B4	MR2: SETB IE.7	; разрешение всех прерываний
00B6	SETB IE.0	; разрешение внешнего прерывания 0
00B8	JMP MR	; ожидание прерывания от INT0

Подпрограмма взаимодействия коммутатора и УЗО передатчика.

```

00C0    RIUART:    MOV A, SBUF      ; прием байта от приемника УАПП
00C2                CLR SCON.0        ; сброс бита прерывания приемника УАПП
00C4                CJNE A, #F0H, MROS1; идентификация маркера адресов РОС ПР1
00C8                CJNE A, #0FH, MROS2; идентификация маркера адресов РОС ПР2
00CC    MU4:      INC R0                ;
00CE                CJNE @R0, #00H, MU1  ; повторение адресов РОС
00D2                MOV A, @R1         ; формирование адреса свободного
00D4                MOV DPH, A         ; для использования блока кадра, т. е.
00D6                INC R1             ; не требующего повтора
00D8                MOV A, @R1         ;
00DA                MOV DPL, A         ;
00DC                INC R1             ;
00DE                DEC R7             ;
00F0                JMP MU3            ;
00F2    MU1:      INC R1                ;
00F4                INC R1                ;
00F6                DEC R7             ;
00F8                JMP MU4            ;
00FA    MU3:      MOVX @DPTR, A        ; установка адреса блока данных
00FE                INC DPTR           ; адрес блока данных кадра
0100                SETB P2.7         ; сброс готовности к приему данных
0102                JMP MR3            ;
0104    MROS1:    SETB P2.7           ; сброс готовности к приему данных
0106                MOV DPTR, #0FB6H; установка адреса блока РОС кадра в ВПД
010A    MROS11:   JB SCON.0, MROS11; ожидание байта в приемнике УАПП
010E                CLR SCON.0        ; сброс бита прерывания приемника УАПП
0110                MOV R5, SBUF      ; прием байта
0112    MROS12:   JB SCON.0, MROS12; ожидание байта в приемнике УАПП
0116                CLR SCON.0        ; сброс бита прерывания приемника УАПП
0118                MOV A, SBUF      ; прием байта
011A                MOVX @DPTR, A     ; запись адреса РОС в ВПД
011E                INC DPTR          ; следующий адрес
0120                DJNZ R5, MROS12   ; цикл приема адресов РОС-АП от ПР1
0124                CLR P2.7         ; бит готовности к приему
0126                JMP MR3            ;
0128    MROS2:    SETB P2.7           ; сброс бита готовности к приему данных
012A    MROS21:   JB SCON.0, MR1      ; ожидание байта в приемнике УАПП
012E                CLR SCON.0        ; сброс бита прерывания приемника УАПП
0130                MOV @R0, SBUF     ; прием байта
0132                MOV R5, @R0       ; количество адресов
0134                INC R0             ; первый адрес адреса РОС ПР2
0136    MROS22:   JB SCON.0, MR2      ; ожидание байта в приемнике УАПП
013A                CLR SCON.0        ; сброс бита прерывания приемника УАПП
013C                MOV @R0, SBUF     ; прием байта
013E                INC R0             ; следующий адрес
0140                DJNZ R5, MR2       ; цикл приема адресов РОС-АП
0144                MOV R0, #10H     ; перезагрузка R0
0146                CLR P2.7         ; бит готовности к приему
0148    MR3:      RET

```

Подпрограмма приема блока данных от источника информации.

```
0150 RECEIV: CLR IE.7 ; запрет всех прерываний
0152 MK2: MOV R2, #04H ; прием и кодировка четырех байт
0154 MOV R5, #00H ; байт двойной проверки четности
0156 MK1: MOV A, P1 ; считывание данных с порта P1
0158 MOVX @DPTR, A ; запись принятого байта в кадр ВПД
015C INC DPTR ; следующий адрес
0160 XRL ACC.3, ACC.1;
0162 XRL ACC.5, ACC.7;
0164 XRL ACC.5, ACC.3 ; второй бит четности
0166 XRL ACC.2, ACC.0;
0168 XRL ACC.4, ACC.2;
016A XRL ACC.6, ACC.4;
016C XRL ACC.6, ACC.5 ; первый бит четности
016E ANL A, #01100000B;
0170 XCH A,R5 ;
0172 RL A ;
0174 RL A ;
0176 ORL R5, A ;
0178 DJNZ R2, MK1 ; цикл четырех байт
017C XCH A,R5 ;
017E RL A ;
0180 MOVX @DPTR, A ; запись принятого байта в кадр ВПД
0184 INC DPTR ; следующий адрес
0188 DJNZ R4, MK2 ; синхронизация по блокам источника
018C MOV R4, #32H ; перезагрузка
018E CLR P2.7 ; бит готовности к приему
0190 RETI
```

Подпрограмма передачи данных в УПС передатчика:

```
01A0 SK: CLR IE.7 ; запрет всех прерываний
01A2 SETB TCON.6 ; запуск таймера 1
01A4 SK1: MOVX A, @DPTR ; пересылка байта из ВПД
01A8 INC DPTR ; формирование следующего адреса
01AC SETB P2.6 ; строб-сигнал байта
01AE CLR P2.6 ;
01B0 JNB TCON.7, SK1 ; флаг переполнения таймера 1
01B4 RETI
01F0 END
```

4.10 Оформление заключения

В заключении необходимо перечислить основные результаты, характеризующие полноту и соответствие курсового проекта техническому заданию на проектирование. Текст должен быть кратким и содержать конкретные данные. Результаты следует излагать в форме констатации фактов, используя слова: изучено, разработано, предложено, рассчитано, получено и т. д. Объем заключения должен быть в пределах полутора-двух страниц пояснительной записки.

Рассмотрим пример составленного заключения к курсовому проекту на тему: «Многоканальная система передачи данных».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе работы над курсовым проектом изучены методы и технологии средства построения современной, высоконадежной, быстродействующей системы передачи цифровой информации.

Спроектированная система представляет собой многоканальную дуплексную с асинхронно-синхронным режимом передачи систему. В качестве линии связи применен волоконно-оптический кабель с длиной волны 1550 нм типа *DSF 8/125*.

Многоканальность (15 каналов) достигается временным асинхронным уплотнением, позволяющим более эффективно использовать канал связи совместно с применением асинхронного режима приема/передачи данных от источника/получателя информации. Реализация синхронного обмена данными между приемником и передатчиком АПД обеспечивает более высокую скорость и надежность передачи, что достигается реализованными уровнями синхронизации по кадрам, байтам, битам принимаемого сообщения.

Эффективная скорость передачи при одновременном функционировании всех каналов составляет 33,3 кбит/с и варьируется в пределах от 33,3 кбит/с до 0,5 Мбит/с. Техническая скорость дискретного канала составляет 1 Мбит/с. Прием и передача блоков данных размером 1600 бит окончному оборудованию ведется со скоростью 0,5 Мбит/с.

Применение в системе современных приемо-передающих модулей позволяет вести обмен данными с вероятностью ошибки 10^{-10} – 10^{-12} . А реализация алгоритма РОС с адресным повторением как наиболее эффективного метода для быстродействующих удаленных систем передачи цифровой информации, помехоустойчивого (код с двойной проверкой на четность), линейного (*BI-L*), относительного кодирования, скремблирования позволяет обеспечивать еще большую достоверность и точность передаваемой информации, что также обеспечивается когерентным методом приема сигнала и использованием КАМ-16.

Обработка сигнала в СПЦИ, за исключением ПОМ и ПРОМ, полностью цифровая, что также обеспечивает высокое быстродействие и качество передаваемой информации.

Дуплексный режим передачи построен на волновом уплотнении прямого и обратного каналов. Для этих целей использован волновой фильтр и когерентный источник излучения – лазерный диод. Применение в качестве линии связи ВОК как наиболее совершенной среды передачи информации позволяет реализовать высокие скорости передачи, высокую помехоустойчивость (вероятность появления необнаруженной ошибки составляет 10^{-13}), надежность (вероятность безотказной работы составляет 0,93) и качество передаваемого сообщения.

Система реализована на современной элементной базе. Так, в качестве передатчика оптоэлектронного модуля применен модуль *STX-48-SC*, передатчик УПС реализован на микросхеме *STEL-2176*, а УЗО – на микроконтроллере *KP1816BE51*.

Следует также отметить, что произведенные системные расчеты скорости передачи, пропускной способности, спектров сигнала, надежностных характеристик позволяют сделать вывод, что курсовой проект полностью соответствует техническому заданию на проектирование.

5 ТЕМЫ КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ

5.1 Системы телеуправления и телесигнализации

5.1.1 Требования, предъявляемые к устройствам телеуправления и телесигнализации

Проектируемое устройство предназначается для телеуправления (ТУ) двухпозиционными объектами и телесигнализации (ТС) их состояний. К устройствам ТУ – ТС предъявляются следующие требования:

1 ТУ объектом производить с помощью двух операций: подготовительной – выбором управляемого объекта – и исполнительной – посылкой команды на включение либо отключение объекта. Обе операции осуществлять набором ключей (кнопок). Правильность выбора управляемого объекта подтверждается индивидуальным квитированием по методу обратной связи, правильность исполнения команды ТУ – известительной ТС. Режим перехода с одной операции на другую – автоматический.

2 Обеспечить подтверждение исполнения каждой из двух операций на мимическом и световом щитах, а также на мониторах с помощью определенного цвета символов контролируемых объектов, а несоответствие – мигающим освещением символов.

3 Обеспечить привлечение внимания оператора включением общего тонального звукового сигнала при изменении состояния любого объекта.

4 В качестве исполнительных элементов и датчиков ТС использовать контактные либо бесконтактные ключевые схемы. Выходные элементы ТУ должны обеспечить подключение нагрузки с током до 0,1 А при напряжениях до 60 В постоянного тока и 220 В переменного тока.

5 Предусмотреть сигнализацию аварийного состояния каждого объекта свечением символа «Авария» и миганием индивидуального символа на световом (мимическом) щите или на мониторе. Непрохождение символов ТУ по каналу связи сигнализировать свечением символа «Авария канала связи».

6 Проектируемое устройство ТУ – ТС должно быть отнесено по быстродействию к группе: 1-й – до 1 с; 2-й – от 1 до 4 с; 3-й – свыше 4 с. Группа по быстродействию определяется отдельно для каждого вида информации.

7 По результатам расчета помехоустойчивости проектируемое устройство должно быть отнесено к определенной категории (таблица 5.1).

Достоверность передачи оценивается для каждой из функций отдельно при наличии нормального флуктуационного шума в канале связи.

8 Средняя наработка до отказа одного канала для каждой из функций проектируемого устройства согласно ГОСТ Р МЭК 60870 должна быть не менее 8750 ч для 1-й группы, не менее 4000 ч – для 2-й группы, не менее 2500 ч – для 3-й группы.

9 Дальность передачи – до 50 км.

Таблица 5.1 – Категории систем ТУ-ТС по помехоустойчивости

Вероятностные характеристики	Вероятность события P , не более		
	Категория		
	1	2	3
Вероятность трансформации команды ТУ	10^{-14}	10^{-10}	10^{-7}
Вероятность трансформации ТС	10^{-8}	10^{-7}	10^{-6}
Вероятность отказа от исполнения посланной команды ТУ	10^{-10}	10^{-7}	10^{-6}
Вероятность потери команды ТУ	10^{-14}	10^{-10}	10^{-7}
Вероятность потери контрольной информации ТС	10^{-8}	10^{-7}	10^{-6}
Вероятность образования ложной команды ТУ или контрольной информации ТС при отсутствии передачи и при наличии помех на входе приемного устройства	10^{-12}	10^{-7}	10^{-4}

5.1.2 Индивидуальные задания

Ниже приведены исходные данные для выполнения индивидуальных заданий:

1 Количество контролируемых пунктов (КП): а) 3; б) 6; в) 9; г) 16.

2 Количество двухпозиционных объектов на КП: а) 30; б) 40; в) 60; г) 80.

3 Двухпозиционные объекты объединяются в группы: а) четыре; б) шесть; в) восемь; г) десять.

4 Расположение КП: а) территориально-рассредоточенное; б) группами по три; в) вдоль общей линии.

5 Способ защиты команд ТУ и сообщений ТС от помех: а) код с защитой по паритету; б) код с двойной проверкой на четность; в) инверсный код; г) корреляционный код; д) код Хэмминга с $d = 4$; е) циклический код с $d = 3$; ж) циклический код с $d = 4$; з) мажоритарное дублирование команды; и) мажоритарное дублирование каждого элемента команды.

6 Способ защиты всех типов адресов, передаваемых с ПУ на КП кодом, указан в пп. 5 и дополнительно информационной обратной связью.

7 Метод передачи сигналов: а) видеоимпульсы; б) фазовая манипуляция; в) частотная манипуляция; г) амплитудная манипуляция.

8 Метод линейного кодирования: а) код *RZ*; б) код *AMI*; в) код *PE*; г) код *CDP*; д) код *DMI*; е) самосинхронизирующееся скремблирование; ж) аддитивное скремблирование.

9 Средняя наработка до отказа (не менее): а) 8750 ч; б) 4000 ч; в) 2000 ч.

10 Категория по помехоустойчивости команд ТУ и сообщений ТС: а) первая; б) вторая; в) третья.

11 Среднеквадратичное напряжение помехи в процентах от амплитуды полезного сигнала на входе приемника: а) 15; б) 20; в) 25.

Варианты индивидуальных заданий приведены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Варианты индивидуальных заданий на проектирование систем ТУ – ТС

Номер варианта	Исходные данные										
	а	г	а	в	а	+	а	ж	а	а	в
1	а	г	а	в	а	+	а	ж	а	а	в
2	б	в	б	б	б	+	б	е	б	б	б
3	в	б	в	а	в	+	в	д	в	в	а
4	г	а	г	а	г	+	г	г	а	в	в
5	б	в	г	б	д	+	в	в	б	б	б
6	в	б	в	в	е	+	б	б	в	а	а
7	г	а	б	б	ж	+	а	а	б	а	б
8	а	г	а	в	з	+	г	а	в	в	а
9	в	б	в	а	и	+	б	б	а	б	в
10	г	а	б	в	и	+	а	в	а	б	в
11	а	г	а	а	з	+	г	г	в	а	а
12	б	в	г	б	ж	+	в	д	б	в	б
13	г	б	б	б	е	+	б	е	б	а	б
14	в	а	а	а	д	+	а	ж	в	в	а
15	б	г	г	в	г	+	г	д	а	б	в
16	а	в	в	а	в	+	в	г	в	б	в
17	а	в	в	а	б	+	а	в	б	в	а
18	б	б	г	б	а	+	г	б	а	а	б
19	в	а	г	в	е	+	б	а	а	а	б
20	г	в	в	б	ж	+	а	ж	в	в	б
21	б	б	б	в	з	+	г	е	б	а	а
22	в	а	а	а	и	+	в	б	б	в	в
23	г	г	в	в	и	+	б	в	в	б	в
24	а	б	б	а	з	+	а	г	а	в	а
25	в	а	а	б	ж	+	г	д	в	а	б
26	г	г	г	б	е	+	в	е	б	а	в
27	а	в	б	а	д	+	а	ж	а	в	в
28	б	б	а	в	г	+	г	д	в	а	б
29	г	а	г	а	в	+	б	г	б	в	а
30	в	г	в	а	б	+	а	в	б	б	а

5.2 Системы телерегулирования

5.2.1 Требования, предъявляемые к устройствам телерегулирования

Проектируемое устройство телерегулирования (ТР) предназначается для телеизмерения текущих (ТИТ) либо интегральных (ТИИ) значений параметров объекта и телеуправления многопозиционными регуляторами с помощью команд-уставок.

К устройству ТР предъявляются следующие требования:

- телеизмерение параметров осуществлять непрерывно при ТИТ и дискретно-непрерывно при ТИИ с соответствующей индикацией на световом щите по каждому параметру;

- телеуправление многопозиционным регулятором производить с помощью двух операций: подготовительной – выбором параметра регулирования и исполнительной – посылкой уставки. Режим перехода с одной операции на другую – автоматический;

- обеспечить воспроизведение на световом щите с помощью световых элементов в режиме мигания процесса выбора и в режиме свечения подтверждение правильного выбора регулируемого параметра. Правильность выполнения ТУ уставкой воспроизводить индикацией ТИТ (ТИИ) значений контролируемого параметра. Уставки сигнализировать свечением символов положения регулятора;

- предусмотреть сигнализацию аварийного состояния каждого объекта с помощью свечения общего символа «Авария», сигнализацию неисправности канала связи – миганием символа «Авария канала связи»;

- в качестве исполнительных элементов использовать контактные либо бесконтактные ключевые схемы и элементы индикации. По каналу ТУ выполнить требования 6–8 из пп. 5.1.1, предъявляемые к устройствам ТУ – ТС.

5.2.2 Индивидуальные задания

Ниже приведены исходные данные для выполнения индивидуальных заданий:

1 Количество объектов (параметров) телерегулирования (ТР): а) 10; б) 7; в) 4.

2 Количество уставок ТР каждым параметром: а) 15; б) 31; в) 63; г) 125.

3 Способ защиты сообщений уставок (кодовых комбинаций (КК)) и сигналов ТИ: а) код с защитой на четность; б) код с числом единиц, кратным трем; в) инверсный код; г) корреляционный код; д) код Хэмминга с $d = 4$; е) циклический код с $d = 3$; ж) циклический код с $d = 4$; з) циклический код с $d \geq 5$ (БЧХ), $n = 21$ и $S = 2$; и) трехкратное дублирование.

4 Унифицированные сигналы при ТИТ параметров изменяются в пределах от 0 до 5 В и ограничены максимальной частотой спектра: а) 0,01 Гц; б) 0,1 Гц; в) 1 Гц.

5 Дальность передачи сигналов: а) 20 км; б) 40 км; в) 60 км.

6 Класс точности канала ТИ: а) 0,15; б) 0,25; в) 0,4; г) 0,6; д) 1,0; е) 1,5; ж) 2,5.

7 Вероятность необнаруженных ошибок при передаче КК и отсчета кодового телеизмерения: а) 10^{-14} ; б) 10^{-10} ; в) 10^{-5} .

8 Метод передачи сигналов: а) ФМП; б) ЧМП; в) АМП; г) полярная манипуляция.

9 Формирование требуемого энергетического спектра сигнала: а) самосинхронизирующееся скремблирование; б) аддитивное скремблирование; в) код PE.

10 Тип устройства синхронизации: а) статическое; б) динамическое.

11 Регистрирующее устройство ТИ: а) цифровой прибор; б) дисплей; в) принтер.

12 Спектральная плотность мощности шума (Вт/Гц): а) 10^{-3} ; б) $5 \cdot 10^{-3}$; в) 10^{-2} .

Варианты индивидуальных заданий приведены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Варианты индивидуальных заданий на проектирование систем ТР

Номер варианта	Исходные данные											
	а	а	а	а	а	а	а	а	а	а	а	а
1	а	а	а	а	а	а	а	а	а	а	а	а
2	б	б	б	б	б	б	б	б	б	б	б	б
3	в	в	в	в	в	в	в	в	в	а	в	в
4	б	г	г	б	б	г	б	г	в	б	а	в
5	в	б	д	в	в	д	в	б	б	а	в	а
6	а	в	е	а	а	е	а	в	а	б	в	б
7	в	г	ж	в	в	ж	в	г	б	а	а	в
8	б	а	з	б	а	б	а	а	а	б	б	а
9	а	в	и	а	б	в	б	а	в	а	в	б
10	а	г	в	в	б	г	в	б	в	б	а	в
11	б	б	г	а	а	д	б	в	а	а	б	а
12	в	в	д	б	в	е	а	г	б	б	в	б
13	а	г	е	а	а	ж	а	б	б	а	а	в
14	б	а	ж	б	б	а	б	в	а	б	б	а
15	в	в	з	в	в	б	в	г	в	а	в	б
16	б	г	и	б	б	в	б	а	а	б	а	в
17	в	б	а	в	в	г	в	б	в	а	б	а
18	а	в	б	а	а	д	а	в	б	б	в	б
19	в	г	а	в	в	е	в	г	б	а	в	а
20	б	а	и	б	а	ж	а	б	а	б	а	б
21	а	в	з	а	б	ж	б	б	в	а	б	в
22	а	в	ж	в	б	д	в	а	в	б	а	в
23	б	г	е	а	а	г	б	в	а	а	в	б
24	в	а	д	б	в	в	а	г	б	б	б	а
25	а	в	г	а	а	б	в	в	б	а	в	б
26	б	г	в	б	б	а	а	а	в	б	б	а
27	в	б	и	в	в	а	б	б	в	а	б	а
28	в	в	з	б	б	ж	б	г	а	б	а	в
29	б	а	ж	в	в	е	а	г	а	а	б	б
30	а	б	е	а	б	д	в	б	в	б	в	а

5.3 Цифровые системы телеизмерения

5.3.1 Требования, предъявляемые к устройствам телеизмерения

Проектируемое устройство предназначается для измерения на расстоянии путем ряда автоматических преобразований и передачи непрерывных или дискретных значений измеряемого параметра с целью восстановления на приемной стороне хода изменения его во времени.

К устройству телеизмерения предъявляются следующие требования:

- процесс телеизмерения производится без непосредственного участия человека;

- первичный отбор информации всегда осуществляется первичными преобразователями (датчиками), автоматически преобразующими измеряемые параметры в один из унифицированных параметров (напряжение, ток, сопротивление и др.);

- отсчет измеряемой величины осуществляется в принятых единицах или в процентах от ее номинального значения;

- отображение измеряемого параметра в виде, удобном для восприятия человеком, регистрации и ввода в ЭВМ;

- передача телеметрической информации осуществляется по запросу с пункта управления в автоматическом режиме, для адаптивных устройств телеизмерения передача осуществляется спорадически;

- по достоверности передачи сообщений проектируемое устройство должно относиться к категории 1, 2 либо 3, по надежности – к группе 1, 2 либо 3, т. е. при отношении амплитуды сигнала к эффективному значению шума более 7 и при вероятности искажения элементарного сигнала менее 10^{-4} вероятностные характеристики не должны превышать значений, представленных в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Категории систем ТИ по помехоустойчивости

Вероятностные характеристики	Категория		
	1	2	3
Вероятность трансформации отсчета телеизмерения	10^{-14}	10^{-10}	10^{-6}
Вероятность трансформации знака буквенно-цифровой информации	10^{-7}	10^{-6}	10^{-5}

Средняя наработка на отказ одного канала при нормальных условиях должна быть не менее: 1 группа – 8750 ч; 2 группа – 4000 ч; 3 группа – 2000 ч.

Общая погрешность не должна превышать значений для классов: А1 – 5 %, А2 – 2 %, А3 – 1 %, А4 – 0,5 %. Для специального класса АХ погрешность задается заказчиком (ГОСТ Р МЭК 60870).

5.3.2 Индивидуальные задания

Ниже приведены исходные данные для выполнения индивидуальных заданий:

1 Используемый алгоритм работы: а) ТИТ, циклический опрос по вызову в пределах КП; б) адаптивная дискретизация; в) адаптивная коммутация; г) рациональное построение кадра; д) ТИИ, циклический опрос по вызову всех КП; е) ТИТ по выбору.

2 Количество контролируемых пунктов: а) 1; б) 3; в) 7; г) 15.

3 Количество датчиков ТИ на каждом КП: а) 63; б) 31; в) 21; г) 11; д) 9; е) 5; ж) 4; з) 2.

4 Максимальная частота изменения телеметрируемого параметра (Гц): а) 0,01; б) 0,05; в) 0,1; г) 0,5; д) 1; е) 5.

5 Погрешность преобразования в цифровой эквивалент (%): а) 0,20; б) 0,40; в) 0,6; г) 0,8; д) 1,0.

6 Регистрирующее устройство: а) цифровой прибор; б) дисплей; в) принтер.

7 Унифицированные сигналы при ТИТ параметров изменяются в пределах: а) 0–5 мА; б) 0–10 мА; в) 0–5 В; г) 0–10 В.

8 Способ защиты сообщений от помех: а) код с защитой на четность; б) код с двойной проверкой на четность; в) код Бергера; г) инверсный код; д) корреляционный код; е) код Хэмминга с $d = 4$; ж) циклический код с $d = 3$; з) циклический код с $d = 4$; и) код с двукратным повторением элементов кодовой комбинации; к) код с двукратным повторением кодовой комбинации.

9 Метод повышения качества работы системы – применение М-последовательностей: а) $x^7 + x + 1$; б) $x^7 + x^3 + 1$; в) $x^7 + x^3 + x^2 + x + 1$; г) $x^7 + x^4 + x^2 + x + 1$; д) $x^7 + x^5 + x^2 + x + 1$; е) $x^7 + x^5 + x^3 + x + 1$; ж) $x^7 + x^6 + x^3 + x + 1$; з) $x^7 + x^6 + x^4 + x + 1$.

10 Метод передачи сигналов: а) ЧМ-2; б) ФМ-2; в) ФМ-4; г) ФМ-8; д) КАМ-4; е) КАМ-16; ж) $\pi/4$ квадратурная ОФМ; з) *SAP*-модуляция.

11 Вероятность появления необнаруженной ошибки в кодовой комбинации: а) 10^{-7} ; б) 10^{-6} ; в) 10^{-5} .

12 Спектральная плотность мощности шума (Вт/Гц): а) 10^{-3} ; б) 10^{-2} ; в) $5 \cdot 10^{-2}$; г) $5 \cdot 10^{-3}$.

13 Масштабирующие коэффициенты: а) 2–4; б) 5–7; в) 8–10; г) 11–13; д) 14–16.

Варианты индивидуальных заданий приведены в таблице 5.5.

Таблица 5.5 – Варианты индивидуальных заданий по проектированию систем ТИ

Номер варианта	Исходные данные													
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
1	а	а	а	а	а	а	а	а	а	а	а	а	а	
2	б	б	в	б	б	б	б	б	б	б	б	б	б	
3	в	в	д	в	в	в	в	в	в	в	в	в	в	
4	д	г	ж	г	г	б	г	г	г	г	б	г	г	

Продолжение таблицы 5.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
5	а	а	б	д	д	в	б	д	д	д	в	б	д
6	б	б	г	е	б	а	в	е	е	е	а	в	б
7	е	в	е	г	в	в	г	ж	ж	ж	в	г	в
8	е	г	з	д	г	а	а	з	з	з	а	а	г
9	б	а	а	в	д	б	в	и	б	в	б	в	д
10	в	б	в	а	а	а	г	к	в	г	а	г	в
11	г	в	д	б	в	б	а	а	г	д	б	б	г
12	а	г	ж	в	г	в	б	в	д	е	в	а	д
13	в	а	б	д	д	б	г	г	е	ж	б	г	а
14	г	б	г	е	а	в	а	д	ж	з	в	а	б
15	а	в	е	а	б	а	б	е	з	а	а	б	г
16	д	г	з	б	в	а	в	ж	а	б	в	в	д
17	в	а	а	в	д	б	а	з	в	а	а	а	а
18	а	б	в	е	а	а	б	и	г	б	б	б	б
19	б	в	д	а	б	б	в	к	д	в	а	в	в
20	е	г	ж	б	в	в	г	а	е	г	б	г	а
21	г	а	б	в	г	б	б	б	ж	д	в	б	б
22	б	б	г	г	а	б	в	в	з	е	б	в	г
23	е	в	е	д	б	а	г	г	а	ж	в	г	д
24	д	г	з	г	в	а	а	д	б	з	а	а	г
25	а	а	а	д	г	б	в	е	в	д	в	в	а
26	в	б	в	е	д	а	г	ж	д	е	а	г	б
27	г	в	д	а	б	б	а	з	е	ж	б	б	в
28	а	г	ж	б	в	в	б	и	ж	з	а	а	г
29	б	а	б	в	г	б	г	к	з	а	б	г	д
30	а	б	г	д	д	а	а	б	а	б	в	а	б
31	д	в	е	е	а	а	б	в	б	в	б	б	в
32	в	г	з	а	в	б	в	г	в	г	в	в	г
33	г	а	а	б	г	в	а	д	е	ж	а	а	д
34	б	б	в	в	д	б	б	е	ж	з	в	б	а
35	в	в	д	е	а	в	в	ж	з	а	а	в	а
36	е	г	ж	а	б	а	г	з	а	б	б	г	б
37	а	а	б	б	в	в	б	и	б	в	а	б	в
38	в	б	г	в	д	а	в	к	в	г	б	в	г
39	е	в	е	г	а	б	г	а	г	д	в	г	д
40	а	г	з	д	б	а	б	к	д	е	б	а	г

5.4 Системы передачи данных

5.4.1 Требования, предъявляемые к устройствам передачи данных

Проектируемые устройства предназначены для передачи потока данных от отправителя к получателю.

Согласно ГОСТ 17657–79 отправитель – человек и (или) устройство (ЭВМ, датчики), осуществляющие выбор сообщения данных из ансамбля сообщений и формирование этого сообщения для последующей передачи. Получатель сообщения данных – человек и (или) устройство (ЭВМ, печатающее устройство, графопостроитель), для которых предназначено сообщение данных.

К числу данных следует отнести всевозможную информацию, вырабатываемую различными устройствами, осуществляющими автоматизацию производственных процессов, а также механизацию и автоматизацию планирования, учета и контроля этих процессов. Устройства передачи данных используются для передачи информации, необходимой для оперативного руководства промышленными предприятиями, министерствами; централизованного статистического и бухгалтерского учета; управления полетом космических аппаратов, материально-техническим снабжением и т. п.

Аппаратура передачи данных (АПД) состоит из устройств преобразования сигнала, защиты от ошибок, автоматического вызова и ответа детектора качества сигнала, корректора и связанных с ним вспомогательных устройств, например контрольно-измерительных устройств.

Представление алфавитно-цифровой информации на входах и выходах АПД осуществляется в двоичном 8-битном коде (ASCII).

Обмен данными между отправителем и получателем может производиться в одном из трех режимов: дуплексном, полудуплексном и симплексном.

Выбор режима производится студентом самостоятельно в зависимости от исходных данных.

5.4.2 Индивидуальные задания

Ниже приведены исходные данные для выполнения индивидуальных заданий:

- 1 Число источников информации: а) 2; б) 4; в) 6; г) 6.
- 2 Скорость передачи сигналов (бод): а) 300; б) 600; в) 1200; г) 1800, д) 2400.
- 3 Длина блока данных (бит): а) 800; б) 1200; в) 1400; г) 1600; д) 2000.
- 4 Информация защищается кодом:
 - а) циклическим с $P(x) = x^8 + x^2 + x + 1$;
 - б) циклическим с $P(x) = x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$;
 - в) циклическим с $P(x) = x^{16} + x^{15} + x^{13} + x^{11} + x^5 + x^3 + x + 1$;
 - г) циклическим с $P(x) = x^{24} + x^{22} + x^{12} + x^{10} + x^9 + x^2 + x + 1$;
 - д) циклическим с $P(x) = x^{24} + x^{23} + x^6 + x^4 + x^2 + 1$;
 - е) итеративным с проверкой на четность по строкам и столбцам;

ж) итеративным с проверкой на четность по строкам, столбцам и диагонали;
 з) итеративным с проверкой по строкам и столбцам кодом Хэмминга с $d = 4$.

5 Режим передачи данных: а) синхронный; б) асинхронный.

6 Метод криптографического закрытия информации: а) гаммирование; б) кодирование с открытым ключом; в) хеширование; г) метод Вижинера; д) шифрование с автоключом; е) гомофоническая замена; ж) полиграммная замена; з) шифрование перестановкой.

7 Метод сжатия сообщений: а) *LZW*; б) *RLE*.

8 Метод передачи сигналов: а) ФМ-4; б) ФМ-8; в) КАМ-4; г) КАМ-16; д) *SAP*-модуляция; е) ЧМП с минимальным сдвигом; ж) треллис-модуляция; з) многопозиционная амплитудная модуляция АМ-6.

9 Формирование требуемого энергетического спектра данных: а) код *PE*; б) *CDP*; в) *DMI*; г) *CMI*; д) скремблирование.

10 Метод повышения качества работы системы: а) блоковое перемежение; б) межблоковое перемежение; в) автоматический запрос повторной передачи с остановкой и ожиданием; г) автоматический запрос повторной передачи с возвращением на N блоков; д) автоматический запрос повторной передачи с селективным повторением.

11 Вероятность искажения элементарного сигнала: а) 10^{-3} ; б) $5 \cdot 10^{-3}$; в) 10^{-2} ; г) $5 \cdot 10^{-2}$.

Варианты индивидуальных заданий приведены в таблице 5.6.

Таблица 5.6 – Варианты индивидуальных заданий по проектированию систем передачи данных

Номер варианта	Исходные данные										
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	а	а	а	а	а	а	а	а	а	а	а
2	б	б	б	б	б	б	б	б	б	б	б
3	в	в	в	в	а	в	а	в	в	в	в
4	г	г	г	г	б	г	б	г	г	г	г
5	а	д	д	д	а	д	а	д	д	д	г
6	б	в	г	е	б	е	б	е	а	в	в
7	в	г	д	ж	а	ж	а	ж	б	г	б
8	г	д	а	з	б	з	б	з	в	д	а
9	б	а	б	в	а	д	а	д	г	а	г
10	в	б	в	г	б	е	б	е	д	б	в
11	г	а	г	д	а	ж	а	ж	а	в	б
12	а	б	д	е	б	з	б	з	б	а	б
13	б	в	г	ж	а	а	а	а	в	д	а
14	в	г	д	з	б	б	б	б	г	г	б
15	г	д	а	в	а	в	а	в	д	в	в
16	б	в	б	а	б	г	б	г	а	д	г
17	в	г	в	б	а	в	а	з	б	г	а

Продолжение таблицы 5.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
18	г	д	г	а	б	в	б	ж	в	в	б
19	а	б	д	б	а	г	а	е	г	б	в
20	б	а	г	в	б	д	б	д	д	а	г
21	в	б	д	г	а	е	а	г	а	б	а
22	а	в	г	б	а	г	б	ж	а	б	б
23	б	г	д	а	б	в	а	з	д	в	в
24	в	д	в	б	а	б	б	а	а	г	г
25	а	г	б	в	б	а	б	б	г	д	в
26	а	д	а	г	а	ж	а	в	д	а	б
27	б	в	д	е	а	з	б	г	б	в	г
28	в	б	г	ж	б	е	а	д	в	г	а
29	г	д	в	з	а	з	а	е	д	г	б
30	г	в	а	д	б	ж	б	в	б	в	б
31	а	г	б	е	а	з	а	б	в	г	в
32	б	д	в	ж	б	в	б	а	г	д	г
33	в	б	г	з	а	г	а	д	д	в	а
34	б	д	а	з	а	з	б	б	в	г	г
35	в	в	б	ж	б	ж	а	в	г	в	в
36	г	б	в	е	а	е	б	г	д	б	а
37	б	а	г	д	б	д	а	д	а	г	б
38	в	г	д	г	а	г	б	е	а	б	в
39	г	д	г	в	б	в	а	ж	б	а	г
40	а	б	д	б	а	б	а	з	в	а	б
41	б	а	а	г	б	а	б	з	г	б	а
42	в	а	б	з	а	ж	б	в	д	в	а
43	г	в	в	г	б	з	а	г	в	г	б
44	б	г	д	в	а	е	б	д	г	д	в
45	в	д	г	д	б	д	а	е	д	а	г
46	г	а	г	е	а	г	б	ж	а	б	в
47	а	б	д	ж	б	б	а	з	б	в	б
48	б	в	а	з	а	а	б	г	в	г	г
49	в	г	б	в	б	ж	а	д	г	д	а
50	г	д	в	а	б	д	а	е	д	а	г

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

[1] Положение об организации и проведении курсового проектирования от 11.12.2013 №43-2013/03.0018.

[2] Доманов, А. Т. Дипломные проекты (работы) : стандарт предприятия / А. Т. Доманов, Н. И. Сорока. – Минск : БГУИР, 2013. – 168 с.

[3] Алиев, И. Н. Кабельные изделия : справочник / И. Н. Алиев, С. Б. Казанский. – М. : ИМРадиоСофит, 2002. – 123 с.

[4] MCS[®] 51 microcontroller family user's manual [Электронный ресурс] / Intel Inc. – Электронные данные. – Режим доступа : <http://www.intel.com/>.

[5] STX-48-MS: transmitter OC-48/STM-16 [Электронный ресурс] / Optical Communication Product Inc. – Электронные данные. – Режим доступа : <http://www.ocp-inc.com/>.

[6] Single Stage Isolator [Электронный ресурс] / DiCon Fiberoptich, Inc. – Электронные данные. – Режим доступа : <http://www.diconfiber.com/>.

[7] Narrow band WDM (W-NB) [Электронный ресурс] / Fiber Optic Communications, Inc. – Электронные данные. – Режим доступа : <http://www.foci.com.tw/>.

[8] Хорвиц, П. Искусство схемотехники / П. Хорвиц, У. Хилл ; пер. с англ. Б. Н. Бронина [и др.]. – 6-е изд. – М. : Мир, 2003. – 704 с.

[9] Сорока, Н. И. Телемеханика : конспект лекций для студентов специальности 1-53 01 07 «Информационные технологии и управление в технических системах» всех форм обучения. В 4 ч. – Ч. 4 : Системы телемеханики / Н. И. Сорока, Г. А. Кривинченко. – Минск : БГУИР, 2005. – 155 с.

[10] Сорока, Н. И. Телемеханика : конспект лекций для студентов специальности 1-53 01 07 «Информационные технологии и управление в технических системах». В 4 ч. Ч. 1 : Сообщения и сигналы / Н. И. Сорока, Г. А. Кривинченко. – Минск : БГУИР, 2000. – 128 с.

[11] Сорока, Н. И. Телемеханика : конспект лекций для студентов специальностей 1-53 01 07 «Информационные технологии и управление в технических системах» всех форм обучения. В 4 ч. Ч. 3 : Линии связи, помехоустойчивость информации, надежность устройств и сетей / Н. И. Сорока, Г. А. Кривинченко. – Минск : БГУИР, 2005. – 132 с.

[12] Сорока, Н. И. Теория передачи информации : конспект лекций для студентов специальности 1-53 01 07 «Информационные технологии и управление в технических системах» / Н. И. Сорока, Г. А. Кривинченко. – Минск : БГУИР, 1998. – 90 с.

[13] Денисенко, В. В. Компьютерное управление технологическими процессами, экспериментами, оборудованием / В. В. Денисенко. – М. : Горячая линия – Телеком, 2009. – 608 с.

[14] Кузнецов, Р. Г. Кабели для современных сетей автоматизации / Р. Г. Кузнецов // Автоматизация в промышленности. – 2005. – №8.

[15] Надежность электрорадиоизделий : справочник / С. Ф. Прытков [и др.]. – М. : ФГУП «22 ЦНИИ МО РФ», 2008. – 641 с.

[16] Боровиков, С. М. Расчет показателей надежности радиоэлектронных средств : учеб.-метод. пособие / С. М. Боровиков, И. Н. Цырельчук, Ф. Д. Троян ; под ред. С. М. Боровикова. – Минск : БГУИР, 2010. – 68 с.

[17] Сорока, Н. И. Телемеханика : конспект лекций для студентов специальности 1-53 01 07 «Информационные технологии и управление в технических системах» всех форм обучения. В 4 ч. Ч. 2 : Коды и кодирование / Н. И. Сорока, Г. А. Кривинченко. – Минск : БГУИР, 2001. – 168 с.

ЛИТЕРАТУРА ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ СИСТЕМ ТУ, ТС, ТИ, ТР И ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

[18] Скляр, Б. Цифровая связь: теоретические основы и практическое применение / Б. Скляр. – М. : Изд. дом «Вильямс», 2003. – 1104 с.

[19] Пшеничников, А. М. Телемеханические системы на интегральных микросхемах / А. М. Пшеничников, М. Л. Портнов. – М. : Энергия, 1997. – 1296 с.

[20] Гаранин, М. В. Системы и сети передачи информации / М. В. Гаранин, В. И. Журавлев, С. В. Кунечин. – М. : Радио и связь, 2001. – 336 с.

[21] Коханович, Г. Ф. Компьютерная стеганография. Теория и практика / Г. Ф. Коханович, А. Ю. Пузыренко. – К. : МК-Пресс, 2006. – 288 с.

[22] Маковеева, М. М. Системы и средства связи с подвижными объектами / М. М. Маковеева, Ю. С. Шинаков. – М. : Радио и связь, 2002. – 320 с.

[23] Хелд, Г. Технологии передачи данных / Г. Хелд. – 7-е изд. – СПб. : Питер, 2003. – 720 с.

[24] Стандартные языки и приемы прикладного проектирования / под ред. В. П. Дьяконова. – М. : СОЛОН Пресс, 2004. – 256 с.

[25] Магницкий, Н. А. Новые методы хаотической динамики / Н. А. Магницкий, С. В. Сидоров. – М. :– Едиториол УРСС, 2004. – 320 с.

[26] Сергиенко, А. Б. Цифровая обработка сигналов / А. Б. Сергиенко. – СПб. : Питер, 2002. – 608 с.

[27] Угрюмов, Е. П. Цифровая схемотехника / Е. П. Угрюмов. – СПб. : Питер, 2007. – 520 с.

[28] Баранов, В. Н. Применение микроконтроллеров AVR: схемы, алгоритмы, программы / В. Н. Баранов. – М. : Додэка, 2006. – 288 с.

[29] Перепелкин, Д. А. Анализ и проектирование маршрутов передачи данных в корпоративных сетях / Д. А. Перепелкин, В. П. Корячко. – М. : Горячая линия – Телеком, 2012. – 232 с.

[30] Смелянский, Р. Л. Компьютерные сети. В 2 т. Т. 1 : Системы передачи данных / Р. Л. Смелянский. – М. : Изд. «Академия», 2011. – 311 с.

[31] Цимбал, В. А. Информационный обмен в сетях передачи данных. Марковский подход / В. А. Цимбал. – М. : Вузовская книга, 2014. – 144 с.

Учебное издание

Кривинченко Георгий Александрович
Сорока Николай Ильич

**ТЕЛЕМЕХАНИКА.
КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ**

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

Редактор *Е. С. Чайковская*
Корректор *Е. И. Герман*

Компьютерная правка, оригинал-макет *Е. Д. Стенусь*

Подписано в печать 21.10.2016. Формат 60×84 1/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».
Отпечатано на ризографе. Усл. печ. л. 5,23. Уч.-изд. л. 5,6. Тираж 150 экз. Заказ 3.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий №1/238 от 24.03.2014,
№2/113 от 07.04.2014, №3/615 от 07.04.2014.
ЛП №02330/264 от 14.04.2014.
220013, Минск, П. Бровки, 6