

Федеральное агентство по образованию
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГОУВПО «АмГУ»

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой энергетики
_____ Н.В.Савина
«_____» _____ 2006 г.

**РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И АВТОМАТИЗАЦИЯ.
ЧАСТЬ II ТЕЛЕМЕХАНИЗАЦИЯ**

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПО ДИСЦИПЛИНЕ

для специальности 140211 – «Электроснабжение»

140204 – «Электрические станции»;

140205 – «Электроэнергетические системы и сети»

Составитель: Ю.В. Мясоедов

Благовещенск

2006 г.

Печатается по решению
редакционно-издательского совета
энергетического факультета
Амурского государственного университета

Ю.В. Мясоедов

Учебно-методический комплекс по дисциплине «Релейная защита и автоматизация. Часть II - Телемеханизация» для студентов очной, заочной и сокращенной заочной форм обучения специальности *140211-Электроснабжение*; *140204 – «Электрические станции»*; *140205 – «Электроэнергетические системы и сети»* . – Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2006, 203 с.

Учебно-методический комплекс ориентирован на оказание помощи студентам очной, заочной и сокращенной заочной форм обучения специальности *140211- Электроснабжение*; *140204 – «Электрические станции»*; *140205 – «Электроэнергетические системы и сети»* для формирования специальных знаний в области релейной защиты и автоматизации управления электроэнергетическими системами методами и средствами телемеханики, изучения информационных основ диспетчерского и технологического управления электроэнергетическими системами и энергообъектами, а также для ознакомления с техническими средствами сбора, передачи обработки и отображения оперативно-диспетчерской информации.

© Амурский государственный университет, 2006
© Ю.В. Мясоедов

СОДЕРЖАНИЕ

1. Рабочая программа дисциплины	4
1.1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе	4
1.2. Содержание дисциплины	6
1.2.1. Федеральный компонент	6
1.2.2. Наименование тем, их содержание, объем в лекционных часах	8
1.2.3. Самостоятельная работа студентов	9
1.2.4. Перечень и темы промежуточных форм контроля знаний	10
1.2.5. Вопросы к коллоквиуму, зачету и экзамену	10
1.3. Учебно-методические материалы по дисциплине	16
1.3.1. Перечень обязательной (основной) литературы	16
1.3.2. Перечень дополнительной литературы	16
1.3.3. Перечень методических и наглядных материалов, используемых в учебном процессе	17
1.4. Материально-техническое обеспечение дисциплины	18
1.5. Учебно-методическая (технологическая) карта дисциплины	18
2. Краткий конспект лекций	20
3. Лабораторный оперативно-информационный комплекс «Телемеханика и связь в распределительных сетях»	179
4. Самостоятельная работа студентов	190
5. Методические указания по выполнению домашних заданий и контрольных работ	198
6. Перечень программных продуктов, реально используемых в практике деятельности выпускников	198
7. Методические указания по применению современных информационных технологий	198
8. Методические указания по организации межсессионного контроля знаний студентов	199
9. Фонд тестовых и контрольных заданий для оценки качества знаний по дисциплине	199
10. Список использованной литературы	201

1. Рабочая программа дисциплины

РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И АВТОМАТИЗАЦИЯ. ЧАСТЬ II ТЕЛЕМЕХАНИЗАЦИЯ

для специальности 140211 – «Электроснабжение»
140204 – «Электрические станции»;
140205 – «Электроэнергетические системы и сети»

Курс	4	Семестр	8
Лекции	30 (час.)		
Практические (семинарские) занятия	___ (час.)		
Лабораторные занятия	___ (час.)	Зачет	8 (семестр)
Самостоятельная работа	30 (час.)		
Всего часов	60		

Рабочая программа составлена на основании *Государственного образовательного стандарта ВПО по направлению подготовки дипломированного специалиста 650900 ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА специальности 140211- Электроснабжение; 140204 – «Электрические станции»; 140205 – «Электроэнергетические системы и сети»*

1.1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе

Государственный образовательный стандарт предусматривает изучение вопросов технических средств диспетчерского и технологического управления в энергосистемах для специальности: 140211 – «Электроснабжение»; 140204 – «Электрические станции»; 140205 – «Электроэнергетические системы и сети» на достаточно высоком уровне. Совершенствование средств передачи информации, контроля и управления в электроэнергетических системах, появление новых методов передачи информации в телемеханических системах требуют от инженера умения компетентно и ответственно решать задачи по разработке, эксплуатации и ремонту устройств диспетчерского и технологического управления.

Цель преподавания дисциплины. Целью данного курса является изучение студентами современных средств передачи информации и управления в электроэнергетических системах. При этом рассматриваются информационные основы управления, анализируются информационные потоки, способы их передачи и надежность функционирования телемеханических комплексов, изучаются технические средства сбора, передачи и отображения оперативно-диспетчерской информации.

Основой для изучения дисциплины являются курсы «Математика», «Физика», «Информатика», «Электротехника и электроника», «Электропитающие системы и электрические сети», «Электроэнергетика», «Переходные процессы в электроэнергетических системах», «Теория управления». В свою очередь она является необходимой для освоения предметов «Автоматика энергосистем», «Релейная защита ЭЭС», «Надежность в ЭЭС» и т.д.

Проработка материалов дисциплины происходит в формах активизированных лекций, учебных научных работ студентов, выполнения лабораторных работ т.д.

Задачей изучения дисциплины является ознакомление студентов с информационными основами диспетчерского и технологического управления электроэнергетическими системами и энергообъектами и техническими средствами сбора, передачи и отображения информации.

Студенты должны знать:

- структуру и задачи оперативно-диспетчерского управления электроэнергетическими системами;
- информационные основы оперативно-диспетчерского управления (сообщение, информация, сигнал, помехи, кодирование);
- основные принципы передачи телемеханической информации;
- каналы связи, технические средства сбора, передачи и отображения оперативно-диспетчерской информации;
- системы телеуправления, телесигнализации, телерегулирования и телеизмерения;
- современные и перспективные технические средства диспетчерского и технологического управления в электроэнергетике.

Студенты должны уметь:

- оценивать объемы и качественные характеристики оперативно-диспетчерской информации, необходимой для автоматизации диспетчерского управления на различных уровнях иерархии диспетчерского и технологического управления в электроэнергетических системах;
- оценивать эффективность применения альтернативных принципов передачи телемеханической информации в конкретных ситуациях;
- разрабатывать оригинальные модули элементов проектируемых систем, каналов связи, технических средств сбора, передачи и отображения оперативно-диспетчерской информации, систем телеуправления, телесигнализации, телерегулирования и телеизмерения;

- проводить электрический расчет и выбирать частоты для принятых каналов диспетчерской связи и телемеханики;
- иметь навыки проектирования систем сбора, передачи и отображения оперативно-диспетчерской информации с использованием современных и перспективных технических средств диспетчерского и технологического управления.

Перечень дисциплин, освоение которых необходимо при изучении данной дисциплины.

Математика: решение систем алгебраических уравнений, дифференциальное исчисление, графы, функции комплексного переменного, вероятность и статистика.

Физика: электричество и магнетизм.

Электротехника и электроника: законы электрических цепей; трехфазные цепи; поверхностный эффект и эффект близости; информационно-измерительная техника; средства измерений; измерительные преобразователи и аналоговые электромеханические электроизмерительные приборы; электронные аналоговые и цифровые измерительные приборы, осциллографы, вольтметры, частотомеры; информационно-измерительные системы.

«Переходные процессы в электроэнергетических системах»: расчёты и анализ токов коротких замыканий, выбор электрооборудования по условиям токов коротких замыканий.

«Элементы автоматических устройств»: пассивные и активные преобразователи параметров режима электроэнергетической системы; элементы измерительной и логической части устройств релейной защиты и автоматики электроэнергетических систем.

1.2. Содержание дисциплины

1.2.1. Федеральный компонент

Государственный образовательный стандарт предусматривает изучение вопросов организации автоматического контроля, телемеханики и средств связи в энергосистемах для специальности 140211 – «Электроснабжение»; 140204 – «Электрические станции»; 140205 – «Электроэнергетические системы и сети» на достаточно высоком уровне. Совершенствование средств передачи информации, контроля и управления в электроэнергетических системах, появление новых методов передачи информации в телемеханических системах требуют от инженера умения компетентно и ответственно решать задачи по разработке, эксплуатации и ремонту устройств телеизмерения, телесигнализации и телеуправления.

Целью данного курса является изучение студентами современных средств передачи информации и управления в электроэнергетических системах. При этом рассматриваются методы передачи информации в телемеханических системах, анализируются информационные потоки, способы их передачи и надежность функционирования телемеханических комплексов.

Знания и умения студента

Студенты должны знать: - основные принципы передачи телемеханической информации, информационные основы управления (сообщение, информация, сигнал, помехи, кодирование), каналы связи, технические средства сбора, передачи и отображения оперативно-диспетчерской информации, системы телеуправления, телесигнализации, телерегулирования и телеизмерения, каналы связи по линиям электропередачи.

Студенты должны уметь: оценивать эффективность применения альтернативных принципов передачи телемеханической информации в конкретных ситуациях; разрабатывать оригинальные модули элементов проектируемых систем, каналов связи, технических средств сбора, передачи и отображения оперативно-диспетчерской информации, систем телеуправления, телесигнализации, телерегулирования и телеизмерения, каналов связи по линиям электропередачи.

СТАНДАРТ ПО ПРЕДМЕТУ (ВЫДЕРЖКИ)

ОПД 06 Электроэнергетика:

релейная защита и автоматизация: автоматический контроль и телемеханика в энергосистемах.

В лекционном курсе в целостной форме обобщаются полученные ранее знания по математике, информационно-измерительной технике и электронике, информатике и на их основе формируются задачи изучения данного курса - получение студентами знаний об элементах и узлах систем телемеханики и связи, информационных основах управления, каналах связи, технических средствах сбора, передачи и отображения оперативно-диспетчерской информации, примерах технической реализации функциональных блоков агрегатной системы средств телемеханики на интегральных микросхемах, а также выполненных на их основе телемеханических комплексов.

Курс базируется на использовании материала общенаучных и общепрофессиональных дисциплин (математики, физики, информатики, электротехники и электроники).

1.2.2. Наименование тем, их содержание, объем в лекционных часах

ЛЕКЦИОННЫЙ КУРС – 30 часов.

8 семестр – 30 часов

Тема 1. Введение. Основы теории передачи информации. Общие сведения о каналах связи (4 часа).

Предмет, цели и задачи курса и его связь с другими изучаемыми дисциплинами. Уровень телемеханики (ТМ) в энергетике. Информация и ее передача (общие положения и понятия). Виды информации передаваемой по системам телемеханики. Задачи разделения сигналов в каналах связи. Организация канала связи при передаче телемеханической информации. Первичное и вторичное уплотнение. Структурная схема канала связи.

Тема 2. Информационные потоки в телемеханических системах. Качество передачи информации по дискретным каналам связи (4 часа).

Характеристики информационных потоков и способов их передачи. Анализ передачи информационных потоков в телемеханических системах. Искажения двоичных сигналов. Достоверность передачи информации. Исправляющая способность приемников дискретных сигналов. Помехозащитные коды, используемые в телемеханических системах. Применение корректирующих кодов, циклических систем передачи информации и систем с обратной связью для повышения достоверности телемеханической передачи.

Тема 3. Системы телемеханики по линиям электропередачи (4 часа).

Общие сведения о каналах телемеханики по линиям электропередачи (ЛЭП). Функциональная схема канала связи по ЛЭП. Элементы высокочастотной обработки и присоединения к ЛЭП. Высокочастотные заградители, их типы, конструкции, схемы, технические данные. Конденсаторы связи, их типы, конструкции и технические данные. Общие сведения о фильтрах присоединения. Высокочастотные и низкочастотные каналы телемеханики.

Тема 4. Элементы и узлы устройств телемеханики, передачи данных и электронных устройств автоматики (4 часа).

Диодные и транзисторные элементы и узлы. Цифровые логические элементы. Микросхемные элементы. Триггеры на транзисторах и в микросхемном варианте. Генераторы импульсов на транзисторах. Шифраторы и дешифраторы. Компараторы. Резисторные преобразователи и распределители импульсов. Микропроцессорная техника в современных устройствах ТМ.

Тема 5. Системы телеизмерения (4 часа).

Основные принципы телеизмерения (ТИ). Виды телеизмерения. Классификация систем ТИ. Погрешности телеизмерения и способы их уменьшения. Аналоговые системы ТИ. Измерительные преобразователи. Вторичные приборы. Структурная схема частотной системы ТИ. Понятие о дискретных системах ТИ. Частотно-импульсные системы ТИ. Кодоимпульсные системы ТИ, их преимущества перед другими системами. Способы преобразования кодов в напряжение или ток. Структурная схема одноканального устройства ТИ кодоимпульсной системы.

Тема 6. Системы телеуправления, телесигнализации и телерегулирования (4 часа).

Классификация систем телеуправления-телесигнализации (ТУ-ТС). Принципы построения систем ТУ-ТС ближнего действия, частотных систем ТУ-ТС, временных систем ТУ-ТС. Синфазирование и синхронизация работы передающего и приемного устройства. Структурная схема временной системы ТУ-ТС. Понятие о системах телерегулирования.

Тема 7. Построение устройств телемеханики. Многофункциональные устройства телемеханики (2 часа).

Выбор структуры телемеханических комплексов и устройств. Устройство ТИ-ТС типа ТМ-800. Телекомплекс многоканального кодоимпульсного телемеханического устройства (МКТ-2 и МКТ-3). Система телемеханики типа ТМ-320 и ТМ-310. Устройство ТС-ТИ типа ТМ-511 и ТМ-512. Аппаратура телемеханики с элементами оптоволоконной техники. Системы телемеханики с встроенными ЭВМ.

Тема 8. Системы телеобработки данных (2 часа).

Структура и назначение системы телеобработки данных. Сети передачи данных (СПД). Абонентский пункт передачи данных. Включение ЭВМ в сеть передачи данных. Особенности каналов передачи данных в энергосистемах. Модели, устройства уплотнения, каналы передачи данных, схемы переприема, регенеративные трансляции синхронного или старт-стопного типа используемые при организации СПД.

Тема 9. Надежность функционирования телемеханических систем (2 часа).

Критерии оценки надежности систем ТМ. Потери от отказов аппаратуры и каналов связи в телемеханической системе. Аналитический расчет надежности. Экспериментальные методы определения показателей надежности. Влияние организации эксплуатации оборудования на показатели надежности. Способы повышения надежности телемеханических систем.

1.2.3. Самостоятельная работа студентов

Самостоятельная работа студентов включает изучение лекционного материала и литературы по дисциплине при подготовке к зачету. Контроль за степенью усвоения материала рекомендуется осуществлять с помощью вопросов для самопроверки.

На коллоквиумах предусмотрена сдача первой и второй части теоретического материала.

Объем и формы контроля самостоятельной работы приведены далее в п.п. 1.2.4 - 1.2.5 и п. 1.5.

1.2.4. Перечень и темы промежуточных форм контроля знаний

К промежуточным формам контроля знаний относятся:

- блиц-опрос на лекциях по пройденному материалу;
- контрольные работы;
- выполнение индивидуальных домашних заданий с последующей их защитой;
- 2 коллоквиума;
- комплексные задания по разработке системы телемеханики.

1.2.5. Вопросы к коллоквиуму, зачету и экзамену

Вопросы к коллоквиуму №1.

№1

Диапазон сигналов НЧ каналов ТМ и особенности их применения

Определение ТИ. Основные ТИ величины. Особенности при их измерении

Амплитудный детектор

Работа ОМА

КТМ по ЛЭП “фаза-”земля”

Структуры каналов связи

№2

Сущность ТИ

Модуляция и демодуляция

Структурные схемы систем ТМ

Кодирование

КТМ с АМ

Деление каналов по частотам

№3

Погрешности при передаче ТИ

Функции систем ТМ: ТУ, ТР, ТС, ТИ

Работа ИОС при ФМ

Квантование по уровню и времени

Условные обозначения ТМ на схемах

КТМ с ОФМ

№4

Линия связи и канал связи

Осциллограммы импульсной последовательности ЧМ колебаний, спектры частот

Импульсные признаки сигналов

Что называется системой ТМ. Основные понятия

Виды модуляции

КТМ с ЧМ

№5

Квантование по амплитуде

КТМ с ФМ. Осциллограммы сигналов при ФМ

Осциллограммы АМ колебаний, спектры

Дискретные каналы ТМ

Частотные детекторы

Количество передаваемой информации

№6

Квантование по времени

Информационные параметры модема

Два способа телерегулирования. Две группы сигналов ТС

Осциллограммы сигналов при ОФМ

Пропускная способность каналов связи

Преимущества КТМ по ЛЭП

№7

ИП в системах ТИ

Особенности организации групповых каналов ТМ

Система ТУ-ТС ближнего действия

Схема подключения модема КП “фаза-фаза”

Частотно-импульсная система ТИ

№8

Погрешности при передаче ТИ

Схема подключения модема ПУ “три фазы-земля” и его работа

Подключение ИП

Кодо-импульсная система ТИ

Функциональная схема КТМ “две фазы-фаза”

Вопросы к коллоквиуму №2.

№1

Высокочастотная аппаратура. Особенности применения и работы

Диапазон сигналов НЧ каналов ТМ и особенности их применения

Определение ТИ. Основные ТИ величины. Особенности при их измерении

Схема подключения модема КП “две фазы-фаза” и его работа

Функциональная схема КТМ “грозозащитный трос-земля”

№2

Частотомер

Каналы ТМ в сетях 0.4-10 кВ, их характеристика

Схема подключения модема ПУ “две фазы-фаза” и его работа

Функциональная схема КТМ “три фазы-земля”

Частотная система ТУ-ТС с прямым избиранием

№3

Преобразователи частоты вращения в сигнал
Основные элементы НЧ модема передачи. Их схема и работа
Устройство и принцип действия ПУ511
Функциональная схема КТМ “фаза-фаза”
Частотная система ТУ-ТС с кодовым избором

№4

Схема подключения модема КП “три фазы”
Временная система ТУ-ТС
Основные элементы НЧ модема приема. Их схема и работа
Устройство и принцип действия КП512
Функциональная схема ТИ

№5

Схема подключения модема КП “три фазы-земля”
Режим работы групповых усилителей. Особенности организации каналов ТМ
Система ТИ ближнего действия
Устройство и принцип действия КП511
Сущность ТИ

№6

Схема подключения модема ПУ “фаза-фаза”
Групповое устройство ТМ. Назначение и область применения
Преобразователь тока, напряжения, мощности
Классификация систем ТУ-ТС
Частотная система ТИ

№7

Какие системы ТМ используются в распредел. сетях 0.4-10 кВ ЭЭС, СЭС и ЭС
Классификация систем ТИ
Основные требования к организации систем ТУ-ТС
Система ТИ с временным разделением сигналов
Функциональная схема КТМ “три фазы”

№8

Время-импульсная система ТИ
Реверсивные и нереверсивные ИП, область применения
Схема подключения модема ПУ “три фазы”
Устройство и принцип действия ПУ512
Функциональная схема КТМ “фаза-земля”

Вопросы к зачету.

1. Что называется системой телемеханики (ТМ), основные понятия.
2. Условные обозначения объема телемеханики на однолинейных схемах.
3. Структурные схемы систем телемеханики.
4. Функции систем телемеханики: телеуправление (ТУ), телерегулирование (ТР), телесигнализация (ТС), телеизмерение (ТИ).
5. Основные системы ТМ применяемые в сетях 0,4-10 кВ.
6. Определение телеизмерения, основные телеизмеряемые величины в энергетике.
7. Функциональная схема ТИ.
8. Две группы сигналов для систем телесигнализации.
9. Погрешности тракта при передаче телеизмерений.
10. Сущность телеизмерений.
11. Устройство частотомера.
12. Устройство датчиков тока, напряжения, мощности.
13. Преобразователи вращения в частоту.
14. Измерительные преобразователи в системах ТИ.
15. Два способа телерегулирования.
16. Линия связи и каналы связи.
17. Пропускная способность каналов связи (КС).
18. Структурные схемы организации каналов связи.
19. Дискретные каналы ТМ.
20. Работа канала ТМ с амплитудной модуляцией (АМ). Достоинства и недостатки.
21. Осциллограммы АМ сигналов и спектр частот АМ колебаний.
22. Каналы ТМ с частотной модуляцией (ЧМ). Основные достоинства и недостатки.
23. Осциллограммы импульсной последовательности ЧМ колебаний и спектры частот (составляющие, индекс модуляции).
24. Каналы ТМ с фазовой модуляцией.
25. Каналы ТМ с относительной фазовой модуляцией.
26. Осциллограммы сигналов при фазовой и относительной фазовой модуляции.
27. Работа источника опорного сигнала, способы получения опорного сигнала.
28. Преимущества организации каналов ТМ по ЛЭП.
29. Структура деления каналов ТМ по ЛЭП (по частоте).
30. Сложный ВЧ канал и его составляющие. Линейный высокочастотный тракт.
31. Групповое устройство ТМ, область применения и назначение.
32. Режим работы групповых усилителей. Особенности организации каналов ТМ.
33. Низкочастотные каналы ТМ.
34. Каналы ТМ в сетях 0,4-10 кВ и их характеристика.
35. Схема образования канала ТМ по ЛЭП (фаза-земля).

36. Схема образования канала ТМ по ЛЭП (фаза-фаза).
37. Схема образования канала ТМ по ЛЭП (2 фазы-фаза).
38. Схема образования канала ТМ по ЛЭП (3 фазы-земля).
39. Схема образования канала ТМ по ЛЭП (3 фазы).
40. Схема подключения модема (фаза-фаза) на контролируемом пункте (КП).
41. Схема подключения модема (2 фазы-фаза) на контролируемом пункте (КП).
42. Схема подключения модема (3 фазы) на контролируемом пункте (КП).
43. Схема подключения модема (3 фазы-земля) на контролируемом пункте (КП).
44. Схема подключения модема (3 фазы) на пункте управления (ПУ).
45. Схема подключения модема (3 фазы-земля) на пункте управления (ПУ).
46. Схема подключения модема (2 фазы-фаза) на пункте управления (ПУ).
47. Схема подключения модема (фаза-фаза) на пункте управления (ПУ).
48. Назначение аппаратуры, входящей в высокочастотный (ВЧ) канал связи.
49. Информационные параметры модема.
50. Основные элементы модема передачи, его схема и работа.
51. Основные элементы модема приема, его схема и работа.
52. Теория передачи информации.
53. Структурная схема передачи информации.
54. Классификация информационных сигналов.
55. Признаки деления информационных сигналов.
56. Определение количества передаваемой информации
57. Импульсные признаки сигналов.
58. Квантование по амплитуде.
59. Квантование по времени.
60. Квантование по уровню и времени.
61. Модуляция и демодуляция.
62. Виды модуляции сигналов.
63. Амплитудный детектор и Частотный детектор.
64. Работа ограничителя максимальных амплитуд.
65. Кодирование информации.
66. Виды выполняемых операций по модулю 2.
67. Помехи и помехоустойчивость. Общие понятия.
68. Характер и классификация мультипликативных помех.
69. Характер аддитивных помех. Классификация аддитивных помех
70. Меры по повышению помехоустойчивости передаваемой информации.
71. Корректирующие и помехозащитные коды. Общие сведения.
72. Разделимые блочные коды. Код с четным количеством единиц.
73. Код с проверкой на четность. Код с постоянным весом.
74. Коды Хемминга. Код с кодовым расстоянием равным трем.
75. Системы с повторением передачи информации. Системы с обратной связью.

Задание на самостоятельную работу и комплексное задание на зачет.

При выполнении самостоятельной работы студенту, согласно учебно-методической (технологической) карте дисциплины, предлагается последовательная разработка вопросов комплексного задания.

На зачет студенты представляют законченное комплексное задание и защищают его.

Для предложенной преподавателем схемы объекта (электростанции, подстанции, электрических сетей предприятий или энергосистем) разработать комплексную систему телемеханики согласно приведенного ниже перечня вопросов.

1. Выбрать необходимые компоненты системы (ТС, ТУ, ТИ, ТР) для дальнейшей разработки.
2. Выбрать места установки средств ДУ и ТУ (указать на предложенной преподавателем схеме объекта).
3. Выбрать систему ТМ в зависимости от объекта (ВЧ или НЧ). Показать организацию каналов ТМ.
4. Выбрать первичный сигнал и показать его характер.
5. Выбрать каналы связи, их структуру, привести схему канала связи в зависимости от характера первичного сигнала и методов его преобразования.
6. Привести характер или схему преобразования сигнала.
7. Определить необходимое количество передаваемой информации по каналам связи и пропускную способность канала связи.
8. Определить влияние возможных помех, предложить методы их устранения.
9. Выбрать модемы. Показать их функциональные схемы, характеристики и пояснить принципы работы.
10. Описать используемую аппаратуру в системе ДУ и ТУ. Привести блок-схему алгоритма функционирования блока управления или передачи для устройств ТУ, ТС, ТИ.

1.3. Учебно-методические материалы по дисциплине

1.3.1. Перечень обязательной (основной) литературы

1. Митюшкин К.Г. Телеконтроль и телеуправление в энергосистемах. М.: Энергоатомиздат, 1990, 288 с.
2. Автоматизация электроэнергетических систем: Учебное пособие для вузов/ О.П. Алексеев, В.Л. Козис, В.В. Кривенков и др.; Под ред. В.П. Морозкина и Д.Энгелаге. – М.: Энергоатомиздат, 1994. – 448 с.
3. Ю.В. Мясоедов. Альбом схем и диаграмм по дисциплине «Телемеханика и средства связи». Уч.-мет. Пособие, Благовещенск, Изд-во АмГУ, 1999.
4. Филатов А.А. Обслуживание электрических подстанций оперативным персоналом. М.: Энергоатомиздат, 1990.
5. Мясоедов Ю.В. Оперативные переключения при диспетчерском и технологическом управлении. Уч.пособие. Благовещенск: Амурский гос. ун-т. 2002.

1.3.2. Перечень дополнительной литературы.

1. Тутевич В.Н. Телемеханика. М.: Высшая школа, 1985, 424 с.
2. Забегалов В.А., Орнов В.Г., Семенов В.А. Автоматизированные системы диспетчерского управления в энергосистемах. М.: Энергоатомиздат, 1984. 264 с.
3. Бурденков Г.В., Малышев А.И., Лурье Я.В. Автоматика, телемеханика и передача данных в энергосистемах. -М.: Энергоатомиздат, 1988.
4. В.Х. Ишкин. Волоконно-оптические системы связи. М.: Изд-во НТФ «Энергопрогресс», 1999.
5. Соскин Э.А., Киреева Э.А. Автоматизация управления промышленным энергоснабжением. -М.: Энергоатомиздат, 1990.
6. Микуцкий Г.В., Скитальцев В.С. Высокочастотная связь по линиям электропередачи. -М.: Энергоатомиздат, 1987.
7. Справочник по проектированию систем передачи информации в энергетике (Под ред. В.Х. Ишкина). М.: Энергоатомиздат, 1991.
8. Основы автоматизации : пер. с нем. / П. Вольфрам, И. Адамски, Б. Анденрс и др.; Под ред. Г.В. Королева. -М.: Высш.шк., 1990.
9. РД 34-20.561-92. Типовая инструкция по предотвращению и ликвидации аварий в электрической части энергосистем. М.: СПО ОРГРЭС, 1992.
10. ТЭ-2М. Метод. указания по применению тренажера в процессе обучения, инструкция по пользованию. Опытный завод средств автоматизации и приборов ОЗАП Мосэнерго. М., 1988.
11. Амелин С.В., Березкин А.А., Гурьев Д.Е., Зайцев В.А. Руководство пользователя программы “Тренажер по оперативным переключениям для персонала энергетических объектов - Модус”. М., 2006.

12. Советчик диспетчера. Инструкция по Тренэнерго / М.Я. Куно, А.В. Малышев, Б.Р. Морозович, В.А. Сулимов, Ю.И. Чалисов. М.: НПЦ «Приоритет», 2006.
13. Техническая документации фирмы “АББ Реле-Чебоксары (Автоматизация)”. Чебоксары, 1999-2002.
14. Ю.В. Мясоедов, Н.В. Савина, А.Г. Ротачева. Электрической часть электростанций и подстанций. Уч.пособие. Благовещенск: Амурский гос. ун-т. 2007.

1.3.3. Перечень методических и наглядных материалов, используемых в учебном процессе

Методические пособия

1. Ю.В. Мясоедов. Альбом схем и диаграмм по дисциплине «Телемеханика и средства связи». Уч.-мет. Пособие, Благовещенск, Изд-во АмГУ, 1999.
2. Автоматизация электроэнергетических систем: Учебное пособие для вузов/ О.П. Алексеев, В.Л. Козис, В.В. Кривенков и др.; Под ред. В.П. Морозкина и Д.Энгелаге. – М.: Энергоатомиздат, 1994. – 448 с.
3. Ю.В. Мясоедов. Сборник лабораторных работ по дисциплине «Технические средства диспетчерского и технологического управления». Электронный вариант.

Наглядные пособия

В качестве методического и наглядного обеспечения для дисциплины “Релейная защита и автоматизация. Часть II - Телемеханизация” используются:

- таблицы, схемы, рисунки под медиа-комплекс (АТК);
- альбом схем и диаграмм по дисциплине "Средства телемеханики и связи";
- комплекты индивидуальных заданий;
- инструкции по работе на тренажере диспетчера;
- задания на ведение диспетчером нормальных режимов и ликвидации аварийных ситуаций;
- тренажер диспетчера энергосистемы;
- компьютерный тренажер «Модус»;
- лабораторный оперативно-информационный комплекс «Телемеханика и связь в распределительных сетях».

Программы для ПЭВМ

1. Промышленный компьютерный “Тренажер по оперативным переключениям для персонала энергетических объектов - Модус”.
2. Компьютерный тренажер Тренэнерго «Советчик диспетчера».

1.4. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Специализированная учебная лаборатория по техническим средствам диспетчерского и технологического управления. Класс тренажеров. Компьютерный класс.

1.5. Учебно-методическая (технологическая) карта дисциплины

Номер недели	Номер темы	Вопросы, изучаемые на лекции	Занятия (номера)		Используемые нагляд. и метод. пособия	Самостоятельная работа студентов		Формы контроля
			практич. (семина.)	лабор.		содерж.	часы	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	Предмет, цели и задачи курса и его связь с другими изучаемыми дисциплинами. Уровень телемеханики (ТМ), диспетчерского и технологического управления (ДУ и ТУ) в энергетике.			Митюшкин К.Г. Телеконтроль и телеуправление в энергосистемах			блиц-опрос
2	1	Информация и ее передача (общие положения и понятия). Виды информации передаваемой по системам телемеханики. Задачи разделения сигналов в каналах связи. Организация канала связи при передаче телемеханической информации. Первичное и вторичное уплотнение. Структурная схема канала связи.			Митюшкин К.Г. Телеконтроль и телеуправление в энергосистемах	Расчет кол-ва информации и пропускной способности каналов связи	1	блиц-опрос
3	2	Характеристики информационных потоков и способов их передачи. Анализ передачи информационных потоков в телемеханических системах. Искажения двоичных сигналов. Достоверность передачи информации. Исправляющая способность приемников дискретных сигналов.			Тутевич В.Н. Телемеханика. М.: Высшая школа, 1985	Элементы канала связи	2	блиц-опрос
4	2	Помехозащитные коды, используемые в телемеханических системах. Применение корректирующих кодов, циклических систем передачи информации и систем с обратной связью для повышения достоверности телемеханической передачи.			Тутевич В.Н. Телемеханика. М.: Высшая школа, 1985	Виды квантования, погрешность квантования	2	защита индивидуальных домашних заданий
5	3	Общие сведения о каналах телемеханики по линиям электропередачи (ЛЭП). Функциональная схема канала связи по ЛЭП. Элементы высокочастотной обработки и присоединения к ЛЭП.			Микуцкий Г.В., Скитальцев В.С. ВЧ связь по линиям электропередачи В.Х. Ишкин. Волоконно-оптические системы связи	Информационные потоки и их достоверность	2	блиц-опрос
6	3	Высокочастотные заградители, их типы, конструкции, схемы, технические данные. Конденсаторы связи, их типы, конструкции и технические данные. Общие сведения о фильтрах присоединения. Высокочастотные и низкочастотные каналы телемеханики.			Справочник по проектированию систем передачи информации в энергетике (Под ред. В.Х. Ишкина)	Информационные потоки и их достоверность	2	блиц-опрос, коллоквиум
7	4	Диодные и транзисторные элементы и узлы. Цифровые логические элементы. Микросхемные элементы. Триггеры на транзисторах и в микросхемном варианте. Генераторы импульсов на транзисторах.			Г.В.Бурденков, А.И.Малышев, Я.В.Лурье Автоматика, телемеханика и передача данных в энергосистемах	Коды Хэмминга	2	блиц-опрос
8	4	Шифраторы и дешифраторы. Компараторы. Резисторные преобразователи и распределители импульсов. Микропроцессорная техника в современных устройствах ТМ.			Г.В.Бурденков, А.И.Малышев, Я.В.Лурье Автоматика, телемеханика и передача данных в энергосистемах	Схема «фаза-земля»	1	контрольная работа

1	2	3	4	5	6	7	8	9
9	5	Основные принципы телеизмерения (ТИ). Виды телеизмерения. Классификация систем ТИ. Погрешности телеизмерения и способы их уменьшения. Аналоговые системы ТИ. Измерительные преобразователи. Вторичные приборы. Структурная схема частотной системы ТИ.			Справочник по проектированию систем передачи информации в энергетике (Под ред. В.Х. Ишкина)	Схемы «фаза-фаза», «2 фазы-фаза»	1	блиц-опрос
10	5	Понятие о дискретных системах ТИ. Частотно-импульсные системы ТИ. Кодоимпульсные системы ТИ, их преимущества перед другими системами. Способы преобразования кодов в напряжение или ток. Структурная схема одноканального устройства ТИ кодоимпульсной системы.			Соскин Э.А., Киреева Э.А. Автоматизация управления промышленным энергоснабжением	Схемы ДП и КП	1	блиц-опрос
11	6	Классификация систем телеуправления-телесигнализации (ТУ-ТС). Принципы построения систем ТУ-ТС ближнего действия, частотных систем ТУ-ТС, временных систем ТУ-ТС. Синфазирование и синхронизация работы передающего и приемного устройства.			Г.В.Бурденков, А.И.Мальшев, Я.В.Лурье Автоматика, телемеханика и передача данных в энергосистемах			контрольная работа
12	6	Структурная схема временной системы ТУ-ТС. Понятие о системах телерегулирования.			Г.В.Бурденков, А.И.Мальшев, Я.В.Лурье Автоматика, телемеханика и передача данных в энергосистемах			блиц-опрос
13	7	Выбор структуры телемеханических комплексов и устройств. Устройство ТИ-ТС. Телекомплекс многоканального кодоимпульсного телемеханического устройства. Система телемеханики типа ТМ. Устройство ТС-ТИ. Комплекс устройств телемеханики			Справочник по проектированию систем передачи информации в энергетике (Под ред. В.Х. Ишкина)	Харак-ка МП систем	2	блиц-опрос
14	8	Структура и назначение системы телеобработки данных. Сети передачи данных (СПД). Абонентский пункт передачи данных. Особенности каналов передачи данных в энергосистемах. Модемы, устройства уплотнения, каналы передачи данных, схемы переприема.			Ю.В. Мясоедов. Альбом схем и диаграмм по дисциплине «Телемеханика и средства связи».	Погрешности телеизмерений	3	блиц-опрос, коллоквиум
15	9	Критерии оценки надежности систем ТМ. Потери от отказов аппаратуры и каналов связи в телемеханической системе. Аналитический расчет надежности. Экспериментальные методы определения показателей надежности. Влияние организации эксплуатации оборудования на показатели надежности. Способы повышения надежности телемеханических систем.			Соскин Э.А., Киреева Э.А. Автоматизация управления промышленным энергоснабжением	Операции по модулю 2	2	защита индивидуальных домашних заданий

2. Краткий конспект лекций

Тема 1. Введение. Основы теории передачи информации. Общие сведения о каналах связи (4 часа).

Предмет, цели и задачи курса и его связь с другими изучаемыми дисциплинами. Уровень телемеханики (ТМ) в энергетике. Информация и ее передача (общие положения и понятия). Виды информации передаваемой по системам телемеханики. Задачи разделения сигналов в каналах связи. Организация канала связи при передаче телемеханической информации. Первичное и вторичное уплотнение. Структурная схема канала связи.

Единая энергетическая система охватывает всю территорию страны и представляет собой сложный комплекс многочисленных объектов, вырабатывающих электрическую и тепловую энергию, и электрических и тепловых сетей, по которым эта энергия передается потребителю. Энергообъекты, расположенные на определенной территории, объединены в энергосистемы. Несколько энергосистем объединяются в объединенную энергосистему. Совокупность объединенных энергосистем составляют ЕЭС РФ.

От качества работы энергосистем зависят показатели работы многих отраслей народного хозяйства, поэтому к энергосистемам предъявляются повышенные требования в отношении количества и качества вырабатываемой электроэнергии и надежности электроснабжения. Эти требования могут удовлетворяться только при высокой организации процесса управления энергосистемами на базе использования современных технических средств управления.

Основными особенностями технологического процесса выработки и распределения электроэнергии как в энергосистемах, так и в объединениях являются:

- а) одновременность выработки и потребления электроэнергии, требующая непрерывного поддержания количественного баланса между вырабатываемой и потребляемой электроэнергией;
- б) непрерывность процесса выработки и потребления электроэнергии и непрерывность контроля за этим процессом;
- в) быстрое протекание различных переходных процессов, связанных с отказами отдельных элементов или узлов энергосистемы и влекущих за собой потери в электроснабжении;
- г) значительная территориальная отдаленность объектов энергосистемы друг от друга и от пункта централизованного управления;
- д) функциональное разнообразие устройств, работающих на объектах энергосистемы, обуславливающее разнообразие систем управления, регулирования и контроля;

е) необходимость обеспечения четкого взаимодействия всех элементов энергосистемы и всей системы в целом.

Для осуществления надлежащего централизованного управления энергетикой в столь сложных условиях существует специальная служба диспетчерского управления.

На каждой ступени диспетчерского управления решаются разные задачи, но все они связаны с обеспечением бесперебойности снабжения потребителя электроэнергией хорошего качества. В соответствии с «Правилами технической эксплуатации электрических станций и сетей» диспетчерское управление должно обеспечить:

а) удовлетворение потребности в электрической и тепловой энергии, т. е. соблюдение графика распределения нагрузок между электростанциями в строгом соответствии с программой, учитывающей экономичность и рентабельность работы энергосистемы;

б) бесперебойность электроснабжения потребителей и надежность работы энергосистемы и отдельных ее элементов, для чего диспетчерское управление осуществляет оперативное руководство различными переключениями оборудования в энергосистеме и руководство по ликвидации и предотвращению аварийных ситуаций;

в) качество энергии: частоту и напряжение электрического тока, давление и температуру отпускаемых потребителям пара и горячей воды, удовлетворяющих установленным нормам; для этого диспетчерское управление осуществляет оперативный контроль за качественными показателями работы энергосистемы. Подобные же функции возлагаются на ОДУ в отношении энергетических объединений и на ЦДУ в отношении всей энергетики страны. Для успешного выполнения указанных функций диспетчер должен иметь:

а) исчерпывающие данные о состоянии оборудования на контролируемых объектах;

б) полную информацию о режимах работы объектов, вырабатывающих электрическую и тепловую энергию;

в) необходимые данные о режимах работы определенных участков электрической и тепловой сети;

г) возможность оперативного вызова для переговоров дежурного персонала контролируемых объектов;

д) возможность непосредственного вмешательства в технологический процесс выработки и распределения энергии.

Таким образом, для нормального функционирования энергосистемы между диспетчерским пунктом и контролируемыми объектами должна передаваться определенная информация.

Внешние информационные связи диспетчерского пункта

Внешние информационные связи диспетчерского пункта обеспечивают прием на диспетчерском пункте известительной информации со стороны контролируемых объектов и передачу с диспетчерского пункта на контролируемые объекты распорядительной информации.

Известительная информация состоит из оперативной информации и части производственно-статистической информации, содержащей сведения, необходимые для расчета и корректирования текущего процесса выработки и распределения энергии. Оперативная информация несет сведения о положениях выключателей высокого напряжения, о состоянии противоаварийной автоматики, о значениях напряжения и частоты в контрольных точках электрической сети, о значениях перетоков активной и реактивной мощности на межсистемных линиях электропередачи и т. д.

Распорядительная информация содержит сведения о значениях оптимальных графиков активной и реактивной мощности основных электростанций, о требуемых переключениях силового оборудования, изменениях уставок релейной защиты и противоаварийной автоматики и т. д.

К каждому виду информации в зависимости от конкретных условий управления предъявляются различные требования в отношении объемов, скорости передачи, периодичности передачи и достоверности.

В комплекс технических средств, обеспечивающих функционирование внешних информационных связей диспетчерского пункта (пункта управления - ПУ), входят системы диспетчерской телефонной связи, системы телемеханики и системы передачи данных.

Системой телемеханики называется совокупность датчиков и приемников телемеханической информации, приемопередающих устройств телемеханики и каналов передачи информации.

Системы телемеханики обеспечивают автоматический обмен информацией между диспетчерским пунктом (ДП) или пунктом управления (ПУ) и контролируемыми пунктами (КП) энергопредприятия. При этом на ДП и на КП устанавливаются устройства телемеханики: симплексные, если информация передается в одном направлении, например от КП на ДП, или дуплексные, если информация между этими устройствами должна передаваться в обоих направлениях (от КП на ДП и от ДП на КП). Связь между устройствами телемеханики соответственно обеспечивается либо симплексным каналом (СКС), либо дуплексным каналом связи (ДКС). Каналы связи телемеханических устройств называют каналами телемеханики.

В энергетических системах с помощью устройств телемеханики диспетчер имеет возможность контролировать состояние оборудования и режим работы объектов энергосистемы, своевременно получать извещение о всех изменениях, появившихся в электрической схеме системы, а в ряде случаев и возможность непосредственно управлять оборудованием и режимом работы контролируемых объектов.

Наличие систем телемеханики не только значительно облегчает работу диспетчерского персонала, но и повышает оперативность и технический уровень эксплуатации энергетической системы.

По характеру выполняемые функции системы телемеханики подразделяются на:

а) системы телесигнализации (ТС), обеспечивающие передачу с КП на ДП информации о состоянии оборудования, находящегося на КП; с помощью ТС контролируют положение выключателей мощности, разъединителей, состояние автоматических устройств, контроль объекта и т. д.;

б) системы телеизмерений (ТИ), передающие диспетчеру значения параметров контролируемых производственных процессов: тока, напряжения, мощности, частоты;

в) системы телеуправления (ТУ), обеспечивающие передачу управляющей информации со стороны ДП (ПУ) к исполнительным устройствам контролируемого объекта;

г) система телерегулирования (ТР), решающая задачу передачи управляющих команд типа «больше - меньше», «прибавить - убавить» и других от диспетчера к автоматическому устройству - регулятору, расположенному на контролируемом объекте. Команды управления воздействуют на регулятор в течение времени послышки их диспетчером;

д) системы автотелеуправления (АТУ), обеспечивающие передачу управляющей информации от автомата к автомату. Примером АТУ служит система телеотключения, в которой автомат, управляющий работой выключателя питающей подстанции, получает команду на выключение от автомата, расположенного на удаленной подстанции, не имеющей собственного выключателя мощности;

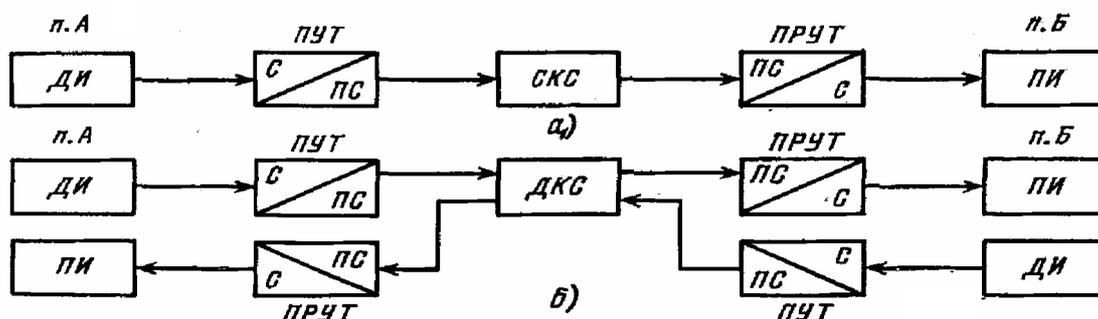
е) системы автотелерегулирования (АТР), обеспечивающие передачу информации от автомата, контролирующего режим работы объекта, к автомату, расположенному в другом пункте энергосистемы и управляющему работой соответствующего регулятора;

ж) системы аварийно-предупредительной сигнализации (АПС), представляющие собой упрощенные системы ТС, передающие ограниченное количество сигналов типа «авария», «предупреждение» с контролируемого объекта на диспетчерский пункт.

Системы АПС, как правило, выполняются по симплексной схеме, предусматривающей передачу информации только в одном направлении.

Системы ТС и ТИ также могут быть выполнены по симплексной схеме, как и многофункциональные системы типа ТС - ТИ. Системы ТУ и АТУ в большинстве случаев совмещаются с системами ТС, чтобы получить в ПУ информацию о правильности работы автоматических устройств, выполняющих команды телеуправления. Такие системы ТУ - ТС, АТУ - ТС выполняются с использованием многофункциональной аппаратуры телемеханики дуплексной схемы. Системы ТР и АТР совмещают с системами ТИ в дуплексной аппаратуре телемеханики ТР - ТИ, АТР - ТИ. Имеются и другие дуплексные многофункциональные системы телемеханики: ТУ - ТС - ТИ, ТУ - ТР - ТС -

ТИ и т. д. На рис. приведены функциональные схемы симплексной и дуплексной систем телемеханики.



Основные элементы этих систем - датчик информации ДИ, передающее устройство телемеханики ПУТ, приемное устройство телемеханики ПРУТ, получатель информации ПИ и канала связи. В симплексной системе телемеханики используется канал симплексной связи СКС, а в дуплексной системе телемеханики - дуплексный канал связи ДКС. В симплексной системе используются ПУТ и ПРУТ, в дуплексной системе - устройство телемеханики, каждое из которых имеет в своем составе как узел передачи (ПУТ), так и узел приема (ПРУТ) телемеханической информации. В симплексной системе телемеханики информация передается в одном направлении, например от пункта А к пункту Б, в дуплексной системе информация передается как из пункта А в пункт Б, так и в обратном направлении.

Рассмотрим процесс передачи телемеханической информации на примере симплексной системы телемеханики.

Информацией называются сведения о каком-либо процессе или явлении, которые ранее не были известны получателю информации ПИ. Эта информация формируется датчиком информации ДИ, который выдает информацию в виде сообщения. Сообщением в общем случае называется физическое воздействие (механическое, световое, акустическое, тепловое, магнитное или электрическое), один из параметров которого однозначно соответствует передаваемой информации. Форма сообщения определяется видом применяемого ДИ в системах телемеханики применяются по преимуществу ДИ, вырабатывающие сообщение в виде механического или электрического воздействия. С выхода ДИ сообщение С поступает на информационный вход ПУТ. В ПУТ осуществляется преобразование сообщения С в первичный электрический сигнал ПС, который затем передается по каналам связи СКС из пункта А в пункт Б. Таким образом, сообщение является объектом передачи, а сигнал - средством передачи сообщения на дальние расстояния. Обязательным условием качественной передачи информации является однозначное соответствие значения информационного параметра первичного сигнала информационному содержанию сообщения. На приемном конце системы телемеханики (пункта Б) ПС с выхода СКС поступает в ПРУТ, в котором сигнал преобразуется в сообщение, передаваемое получателю информации ПИ.

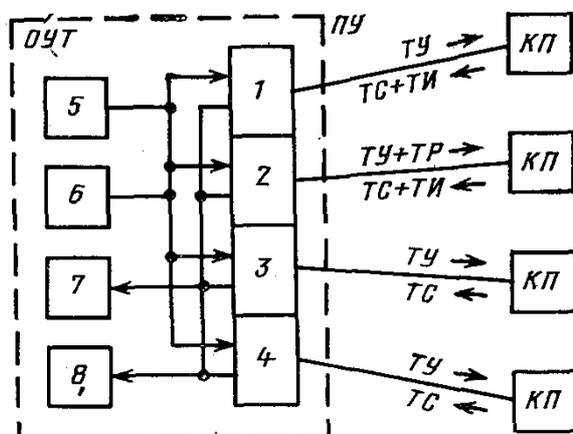
Процесс передачи информации в каждом направлении дуплексной системы телемеханики осуществляется аналогично рассмотренному. По структуре построения системы телемеханики разделяются на однообъектные и

многообъектные. Однообъектные системы обеспечивают телемеханическую (симплексную или дуплексную) связь ПУ с одним КП. Многообъектная система телемеханики обеспечивает связь ПУ с несколькими КП.

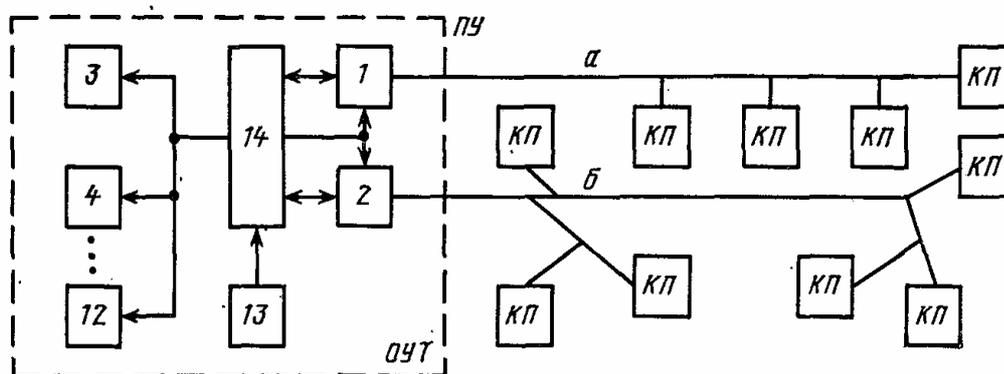
В таких системах на ПУ располагают специальные много. объективные приемопередающие устройства телемеханики, общие для всех КП системы. В зависимости от структуры используемых каналов связи многообъектные системы телемеханики разделяют на радиальные, цепочечные, древовидные и смешанные. В радиальной системе связь ПУ с каждым КП осуществляется по своему независимому каналу связи. Общее устройство телемеханики ОУТ соединяется с каналами через дуплексные линейные адаптеры 1 - 4, обеспечивающие передачу сигналов по дуплексному каналу связи. Количество адаптеров ОУТ соответствует количеству каналов связи и количеству КП в данной системе телемеханики.

Информация с блоков передачи 5 и 6 поступает через линейный адаптер и канал связи на КП, обратная информация с КП, переданная по обратному каналу связи через адаптер ОУТ, поступает на блок приема 7 и 8.

Наличие независимых каналов связи в данной системе обеспечивает независимый обмен информацией ПУ с каждым КП.



На рис. приведена функциональная схема многообъектной системы телемеханики, рассчитанной для работы по цепочечным а и древовидным б каналам связи.



В обоих случаях несколько КП включены в один канал связи. Передача информации между ПУ и КП в данном случае возможна только путем временного уплотнения каналов связи. В состав ОУТ входят два линейных адаптера 1 и 2, блоки приема информации 3 - 12, число которых соответствует числу КП в системе телемеханики, блок передачи 13 и управляющее распределительное устройство УРУ 14. Процесс передачи информации сводится к следующему. Контролируемые устройства ТМ, расположенные на КП, не передают в канал связи сигналы до получения от ОУТ соответствующего разрешения. С передатчика ОУТ через линейные адаптеры 1 и 2 в каналы связи а, б для каждого КП по очереди передается сигнал, содержащий в себе адрес КП и информацию, которую необходимо передать этому КП от блока передачи 13. Все КП получают указанный сигнал, но воспринимает его только контролируемое устройство ТМ, чей адрес содержится в данном сигнале. Передатчик вызванного устройства подключается к каналу связи и начинает передавать запрошенную информацию. Если передача ведется по каналу а, линейный адаптер воспринимает сигналы, и они через УРУ 14 передаются на вход блока приемника 3-12, соответствующего устройству ТМ данного КП. После окончания цикла обмена информацией с одним КП УРУ формирует адрес другого КП и соответственно подготавливает рабочие цепи ОУТ для передачи и приема информации этого КП. Поскольку УРУ работает непрерывно, то все КП данной системы телемеханики поочередно и циклически осуществляют обмен информацией с ПУ. Наибольшее применение циклические многообъектные системы нашли в распределительных электрических сетях ПЭС и РЭС, а также в городских тепловых и электрических сетях. Современные ОУТ многообъектных систем ТМ выполняются с интеллектуальными линейными адаптерами и интерфейсом вывода информации на диспетчерский щит (пункт). Интеллектуальный линейный адаптер содержит в себе микропроцессорное устройство, обеспечивающее передачу и прием первичных сигналов, проверку достоверности передачи, обработку сигналов при приеме и передаче обработанных сигналов в микро-ЭВМ. С появлением подобных устройств грань между устройствами телемеханики и вычислительной техники стирается.

Системы передачи данных. По определению Международной консультативной комиссии по телефонии и телеграфии (МККТТ) «передача данных - это область электросвязи, целью которой является передача информации для обработки ее вычислительными машинами или уже обработанной ими». В соответствии с этим определением информацию, поступающую от ЭВМ или передаваемую для ЭВМ, принято называть «данными» в отличие от более широкого понятия дискретной информации. Системой передачи данных (СПД) называется совокупность технических средств, предназначенная для передачи данных от датчика информации (ДИ) к получателю информации (ПИ). В зависимости от типа ДИ и ПИ системы передачи данных позволяют получить следующие информационные связи:

а) автоматический передатчик информации - автоматический приемник информации. В этом случае передача и прием осуществляются с использованием ПК или первичного контроллера;

б) автоматический передатчик (передача с ПК или первичного контроллера) - память ЭВМ. В этом случае принимаемая информация автоматически вводится в ЭВМ для обработки или хранения;

в) память ЭВМ (передающего объекта) - автоматический приемник, фиксирующий информацию на ПК или памяти первичного контроллера;

г) память ЭВМ (передающего объекта) - память ЭВМ (приемного объекта). В этом режиме осуществляется автоматический обмен информацией между ЭВМ.

В зависимости от скорости передачи информации СПД подразделяются на: низкоскоростные со скоростями передачи до 200 Бод; среднескоростные со скоростями передачи от 200 до 10 тыс. Бод; высокоскоростные со скоростями передачи выше 10 тыс. Бод.

В автоматизированной системе управления (АСУ) энергетики применяются низкоскоростные и среднескоростные СПД.

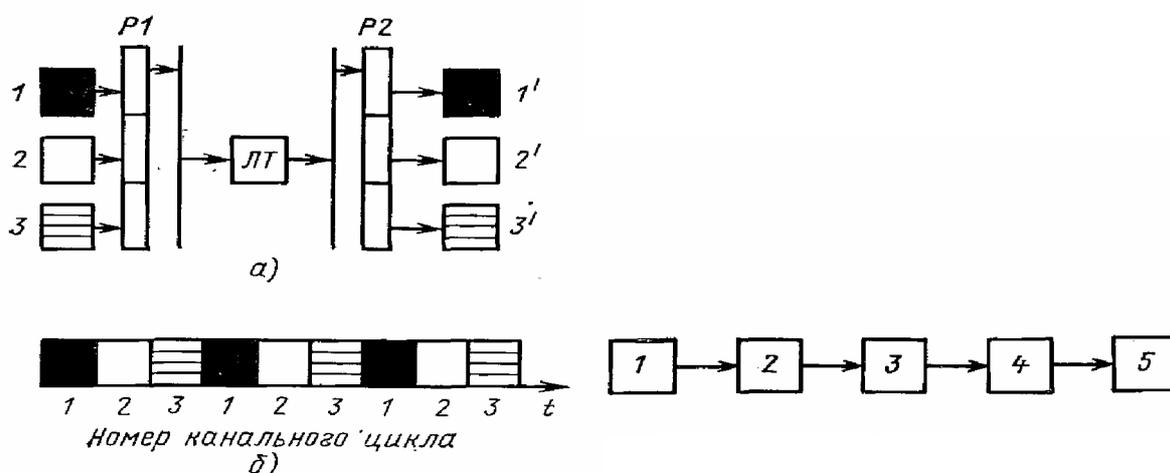
В условиях АСУ энергосистемам приходится иметь дело не с отдельными СПД, а с сетью передачи данных, связывающей установки энергетических объектов с центрами, оборудованными ЭВМ. Информация, циркулирующая в этой сети, разделяется на оперативную и производственно-статистическую (производственно-хозяйственную). Обмен оперативной информацией осуществляется между объектами энергосистемы и диспетчерскими службами в целях обеспечения нормального функционирования процесса выработки и распределения электрической и тепловой энергии. Оперативная информация подразделяется на известительную и распорядительную. Известительная информация, получаемая диспетчерскими службами с объектов, вместе с оперативной информацией о состоянии контролируемых параметров и устройств содержит часть производственно-статической информации, необходимой для расчета режимов и их текущей коррекции. Распорядительная информация включает задания графиков изменения основных режимов показателей энергообъектов. К каждому виду информации в зависимости от важности ее в деле управления работой энергосистемы предъявляются различные требования в части объемов, скорости передачи, периодичности передачи и надежности. В общем случае информация для оперативного диспетчерского контроля текущего режима работы объекта передается дискретно с коротким циклом повторения (1 раз в секунду). Производственно-техническая информация в части данных, не меняющаяся в течение суток, передается 1 раз в сутки. Данные об активной мощности и графики фактического потребления мощности передаются 1 раз в час. Данные об изменениях в составе включенного оборудования передаются сразу же по возникновении. Очевидно, что для выполнения указанных функций ЭВМ должны располагать достоверной и обильной информацией, которая передается ей по каналам телемеханики и системе передачи данных. Для обеспечения этой информации к сетям передачи данных предъявляются высокие требования надежности и достоверности передачи информации.

Перспективным направлением развития внешних и (внутренних) информационных связей диспетчерских пунктов является внедрение цифровых

многоканальных систем связи для передачи всех видов информации. Используемые в настоящее время многоканальные системы связи выполнены по методу частотного разделения сигналов отдельных каналов связи.

При этом методе построения для передачи информации каждого канала в линейном тракте выделяется своя полоса рабочих частот.

В цифровых системах связи реализован метод временного разделения каналов, при котором для передачи информации каждого канала выделяется свой интервал времени (канальный цикл). На рис. а показана упрощенная структурная схема системы связи с временным разделением каналов. Информация каналов 1, 2 и 3 поступает на вход линейного тракта ЛТ через распределитель передачи канальных циклов P1. Этот распределитель работает синхронно и синфазно с распределителем приема канальных циклов P2, поэтому в пределах передачи каждого канального цикла между передатчиком каждого канала 1, 2, 3 и приемником информации соответствующего канала 1', 2', 3' образуется прямая связь. На рис.б дана временная диаграмма прохождения информации трех каналов связи по ЛТ в трехканальной системе с временным разделением каналов.



Цифровые системы передачи предусматривают передачу информации в ЛТ в виде импульсных последовательностей (цифр) при скорости передачи этих импульсов от 1,5 до 560 млн. имп./с. Для передачи импульсов на таких скоростях необходимы специальные кабельные линии связи. Такими линиями связи являются коаксиальные кабели связи обычных и специальных конструкций, световодные кабели или световоды.

Для энергетики наиболее перспективным является использование световодных кабелей, называемых световолоконными или оптоволоконными кабелями.

В конструктивном отношении оптоволоконный кабель состоит из светопроводящего элемента (оптоволоконной нити, выполненной из кварцевого стекла), мягкого покрытия (мягкой подушки), обволакивающего оптоволоконную нить, оболочки кабеля, содержащей несколько слоев специальных покрытий, обеспечивающих механическую прочность кабеля.

По оптоволоконной нити такого кабеля хорошо распространяется световая волна с частотами $10^{11} - 10^{12}$ кГц, которая представляет собой поток

фотонов (луч света). Для передачи информации осуществляют воздействие (модуляцию) на интенсивность этого луча света на передающем конце системы, оптоволоконной связи и преобразование принятых импульсов света в электрические сигналы на приемном конце оптоволоконной системы связи. На рис. 1.6 приведена упрощенная структурная схема этой системы. Информационный сигнал, преобразованный в импульсы постоянного тока с выхода электронного передающего устройства 1, поступает на преобразователь передачи 2, в котором импульсы постоянного тока преобразуются в импульсы светового луча, которые проходят по оптоволоконному кабелю 3 на вход преобразователя приема 4. Преобразователь приема 4 принимает импульсы света и превращает их в импульсы постоянного тока, аналогичные импульсам, воздействующим на вход преобразователя передачи 2. С выхода блока 4 импульсы поступают на электронное приемное устройство 5, которое формирует из них информацию, переданную передатчиком 1.

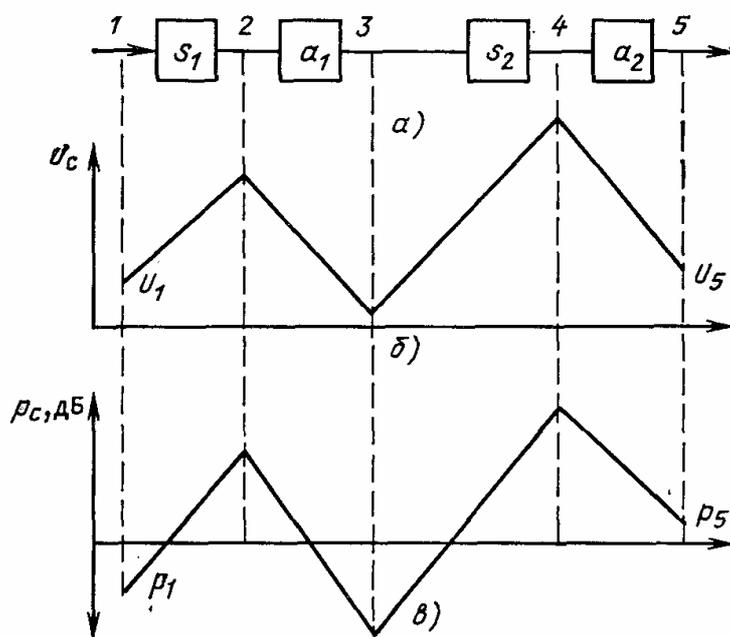
Перспективность использования оптоволоконных цифровых систем связи в энергетике обусловлена большой информационной емкостью этих систем, высокой аппаратной надежностью, а главное, абсолютной нечувствительностью оптоволоконной системы передачи информации к любому виду электромагнитных влияний. Эти системы найдут широкое применение не только при организации внешних связей диспетчерских пунктов, но и при организации сбора информации с объектов силовых подстанций и электростанций с последующим вводом этой информации в местные ЭВМ.

ОСНОВЫ ТЕОРИИ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

Передача информации с помощью электрических (информационных) сигналов является самостоятельной областью техники. Теория передачи информации устанавливает определенные закономерности, понятия и методы, с помощью которых определяются качественные и технические показатели систем передачи информации. Рассматриваемые ниже основы теории передачи информации включают в себя вопросы, непосредственно связанные с наладкой и эксплуатацией систем передачи информации, используемых для нужд энергетики в настоящее время и в перспективе дальнейшего развития. К этим вопросам относятся понятия о видах и параметрах информационных сигналов, процессах преобразования этих сигналов, принципах построения систем передачи различного типа информационных сигналов. Последнее десятилетие развития систем передачи информации характеризуется широким внедрением дискретных систем передачи информации, в которых носителем информации является дискретный сигнал (посылка, импульс). В первую очередь эти системы были использованы для передачи телемеханической информации и передачи данных. В ближайшем будущем эти системы полностью заменят традиционные системы передачи информации с частотным разделением каналов. Исходя из этого, при рассмотрении вопросов теории передачи информации особое внимание уделено дискретным системам передачи информации.

Перед рассмотрением конкретных вопросов основ теории передачи информации необходимо остановиться на некоторых общих понятиях, которые будут использованы в процессе этого рассмотрения. К этим понятиям относятся уровни передачи, усиление и затухание четырехполюсника, диаграмма уровней, остаточное затухание, частотные и амплитудные характеристики системы связи и отдельных ее элементов.

Электрическая цепь, предназначенная для передачи информационного сигнала, представляет собой совокупность последовательно включенных пассивных и активных четырехполюсников (рис. а).



Основным параметром пассивного четырехполюсника является затухание, активного четырехполюсника - усиление. Усиление - это явление, когда мощность или напряжение сигнала на выходе четырехполюсника больше мощности или напряжения сигнала на входе этого четырехполюсника; затухание - это явление, когда мощности или напряжения на выходе четырехполюсника меньше мощности или напряжения сигнала на входе четырехполюсника. Прохождение сигнала по цепи (рис. а) может быть охарактеризовано диаграммой напряжения (мощности) сигнала в цепи (рис. б), которая показывает значение напряжения сигнала в каждой из контрольных точек (7 - 5) рассматриваемой электрической цепи. Пользуясь диаграммой напряжения, можно определить коэффициенты усиления k_1 , k_3 активных четырехполюсников s_1 и s_2 или коэффициенты затухания k_2 , k_4 , пассивных четырехполюсников a_1 и a_2 :

$$k_1 = \frac{U_2}{U_1}; \quad k_2 = \frac{U_2}{U_3}; \quad k_3 = \frac{U_4}{U_3}; \quad k_4 = \frac{U_4}{U_5}.$$

В технике передачи информации для оценки электрического сигнала кроме понятий напряжения и мощности широко используется понятие об уровнях передачи.

Уровнем передачи электрического сигнала в некоторой точке электрической цепи называется логарифмическая мера отношения мощности P_x или напряжения U_x этого сигнала к мощности P_0 или напряжению U_0 , выбранному для сравнения.

Уровни передачи считаются абсолютными, если они сравниваются с абсолютными нулевыми уровнями, и могут быть относительными, если сравнение проводится по отношению к уровням в некоторой точке цепи, принятой за основу сравнения.

За нулевой абсолютный уровень по мощности принята мощность $P_{0a} = 1$ мВт. За нулевой абсолютный уровень по напряжению принято напряжение $U_{0a} = 0,775$ В, т. е. напряжение на нагрузке 600 Ом, соответствующее мощности 1 мВт, выделяемой на этом сопротивлении.

Уровни передачи измеряются в специальных единицах - децибелах, обозначаемых дБ с характеризующим индексом.

Абсолютный уровень по мощности, дБ, определяется по формуле

$$p_m = 10 \lg \frac{P_x}{P_{0a}} = 10 \lg P_x,$$

где P_x - в милливаттах.

Абсолютный уровень по напряжению, дБн, определяется по формуле

$$p_n = 20 \lg \frac{U_x}{0,775} = 20 \lg U_x + 2,2,$$

где U_x - в вольтах.

Соотношение абсолютных уровней по напряжению и по мощности, измеренных на нагрузке, Z определяется выражением:

$$p_m = 10 \lg \frac{U_x^2 \cdot 600}{Z (0,775)^2} = 20 \lg \frac{U_x}{0,775} + 10 \lg \frac{600}{Z} = p_n + 10 \lg \frac{600}{Z}.$$

Таким образом, абсолютные уровни по мощности и по напряжению на нагрузке 600 Ом равны между собой.

Относительный уровень по мощности, дБо,

$$p_{0m} = 10 \lg \frac{P_x}{P_0},$$

где P_0 - значение мощности сигнала в точке цепи, принятой для сравнения, мВт.

Относительный уровень по напряжению, дБон, определяется по формуле

$$p_{0n} = 20 \lg \frac{U_x}{U_0},$$

где U_0 - напряжение сигнала в точке цепи, принятой за основу, В.

Если нагрузки в точке измерения относительных уровней и в точке, принятой для сравнения, одинаковы, то уровни P_{0m} и P_{0n} имеют одинаковые значения.

Если известны значения абсолютного P_M и относительного P_{OM} уровней по мощности в данной точке цепи, то значение абсолютного уровня по мощности, отнесенного к точке с нулевым относительным уровнем (точке, принятой за сравнение), определяется выражением

$$p_{M.O} = p_M - p_{OM}.$$

За точку сравнения уровней (точку с нулевым относительным уровнем) обычно принимают начало исследуемой электрической цепи.

В табл. приведены обозначения уровней передачи, используемые в отечественной и зарубежной технической литературе.

Вид уровня	Обозначение уровней	
	русское	международное
P_M	дБм	dBm
P_H	дБн	dBu
P_{OM}	дБо	dBr
P_{OH}	дБон	dBru
$P_{M.O}$	дБмо	dBmo

Логарифмические единицы – децибелы – используются также для оценки усиления и затухания четырехполосников, а также для оценки степени влияния помехи на сигнал в заданной точке цепи.

Если на вход усилителя с входным сопротивлением Z_1 воздействует сигнал, имеющий уровни передачи P_{H1} , P_{M1} , а на выходе усилителя на нагрузке Z_2 уровни передачи имеют значения P_{H2} , P_{M2} , то усиление усилителя, дБ, определяется по формулам

Если на вход усилителя с входным сопротивлением Z_1

воздействует сигнал, имеющий уровни передачи P_{H1} , P_{M1} , а на выходе усилителя на нагрузке Z_2 уровни передачи имеют значения P_{H2} , P_{M2} , то усиление усилителя, дБ, определяется по формулам

$$a_{\text{пер}} = 10 \lg \frac{P_{10}}{P_2} = p_{M1} - p_{M2} = p_{H1} - p_{H2} + 10 \lg \frac{Z_2}{Z_1}.$$

Затухание передачи четырехполосника определяется отношением мощности P_{10} , отдаваемой источником сигнала на вход четырехполосника, к мощности P_2 , выделяющейся на выходе четырехполосника на нагрузке Z_2 . Если входное сопротивление четырехполосника Z_1 , то

Для оценки качества прохождения сигнала по всему каналу связи используется понятие остаточного затухания a_0 , представляющего разность уровней передачи сигнала в начале P_1 и конца P_2 канала связи:

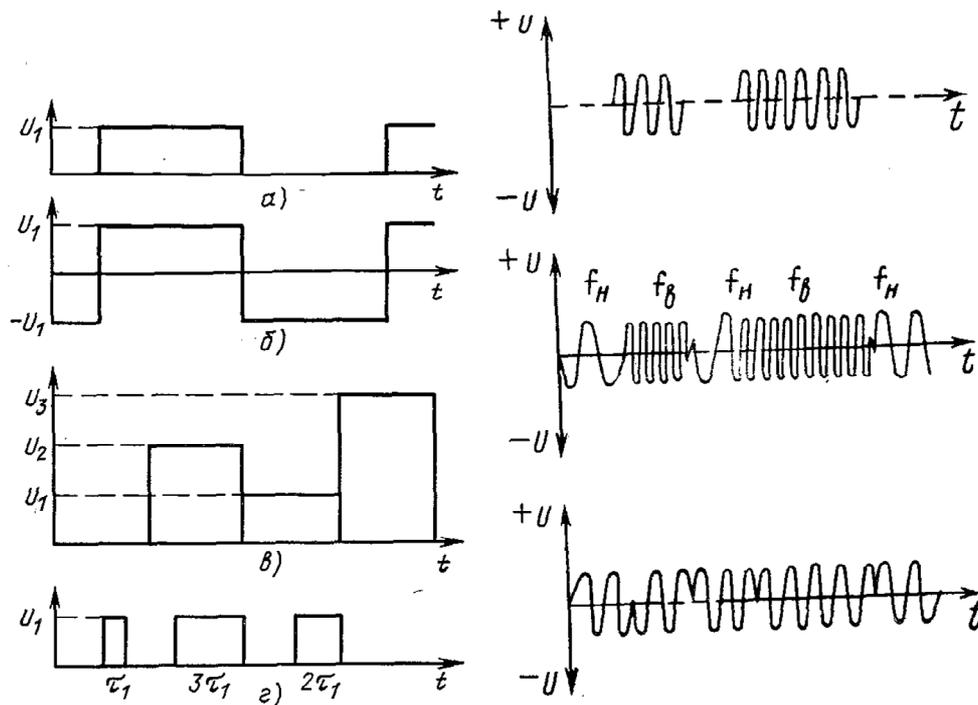
$$a_0 = p_{M1} - p_{M2}.$$

Для оценки влияния мешающих токов на сигнал применяют понятие помехозащищенности $\Delta P_{C.L}$, которое определяется как разность уровней полезного сигнала и помехи в рассматриваемой точке цепи:

$$\Delta p_{c.p} = p_c - p_p.$$

Электрический информационный сигнал

Электрическим сигналом называется электрический процесс, несущий в себе информацию (сообщение). Параметр этого сигнала, однозначно соответствующий передаваемому сообщению, называется информационным параметром. Процесс изменения информационного параметра сигнала под воздействием передаваемого сообщения называется модуляцией. Сигналы, как и сообщения, подразделяются на аналоговые и дискретные. Аналоговым сигналом (сообщением) называется сигнал (сообщение), информационный параметр которого может принимать любое конкретное значение в заданных пределах изменения. Примером аналогового сигнала является сигнал телефонной связи: в зависимости от тембра голоса абонента и характера разговора частота и амплитуда компонентов, составляющих этот сигнал, могут принимать любые значения в пределах заданной полосы рабочих частот и уровней передачи. Дискретным сигналом называется сигнал, информационный параметр которого может принимать только несколько заранее заданных значений. Дискретный сигнал, информационный параметр которого может принимать только два значения, называется двоичным или бинарным сигналом. Дискретный сигнал с параметром, принимающим более двух значений, называется многоуровневым дискретным сигналом. Дискретные сигналы могут быть постоянного и переменного тока. На рис. показаны дискретные сигналы постоянного тока.



Информационным параметром сигнала постоянного тока является либо амплитуда напряжения (рис. а - в), либо длительность сигнала (рис. г). Как видно из рис. а, в однополярном двоичном сигнале амплитуда напряжения сигнала может принимать только два значения: 0 и U_1 ; в двоичном двухполярном сигнале (рис. б) $-U_1$ и $+U_1$.

В многоуровневом однополярном сигнале (рис. в) амплитуда напряжения может принимать любое из четырех значений (0, U_1 , U_2 , U_3). В многоуровневом

однополярном сигнале (рис. г) в качестве информационного параметра выбрана длительность сигнала. В данном случае этот параметр может принимать четыре разных значения: 0, τ_1 , $2\tau_1$, $3\tau_1$. Многоуровневые дискретные сигналы используются в быстродействующих системах передачи информации, но широкого применения в отечественных системах телемеханики и передачи данных они еще не получили.

В общем случае сигнал переменного тока описывается выражением

$$u = U_m \sin(2\pi f t + \varphi),$$

где U_m - амплитудное значение напряжения сигнала переменного тока; f - частота сигнала переменного тока; φ - фаза колебания.

При формировании дискретного сигнала в качестве информационного параметра можно использовать амплитуду, частоту либо фазу сигнала переменного тока (табл.).

Вид дискретного сигнала	Информационный параметр сигнала	Значение информационного параметра	Русское наименование посылки	Обозначение посылки МК1 Г	
				цифровые	позиционные
Однополярный сигнал постоянного тока	Амплитуда напряжения	0	Бестоковая	„0“	0
		U_+ (U_-)	Токовая	„1“	U_Z
Двухполярный сигнал постоянного тока	Знак полярности напряжения	U_+	Плюсовая	„0“	U_A
		U_-	Минусовая	„1“	U_Z
АМ сигнал переменного тока	Напряжение сигнала	0	Бестоковая	„0“	0
		U_f	Токовая	„1“	U_Z
ЧМ сигнал переменного тока	Частота сигнала	f_b	Верхняя частота	„0“	f_A
		f_n	Нижняя частота	„1“	f_Z

Дискретный сигнал переменного тока может быть получен путем амплитудной, частотной или фазовой модуляции (АМ, ЧМ, ФМ) несущего сигнала переменного тока. Полученный в результате модуляции сложный сигнал соответственно называется амплитудно-модулированным сигналом (колебанием). Сигнал, под воздействием которого осуществляется модуляция несущего сигнала, называется модулирующим сигналом. Процесс преобразования АМ, ЧМ и ФМ сигнала в первичный модулирующий сигнал называется демодуляцией. В практике эксплуатации дискретных систем передачи информации дискретный сигнал часто называют «посылкой». Посылка характеризуется значением информационного параметра и

длительностью. Длительностью посылки называется интервал времени, в котором посылка сохраняет значение приобретенного параметра. Элементарной посылкой называется посылка наименьшей длительности, которая имеет место в данной конкретной системе передачи информации.

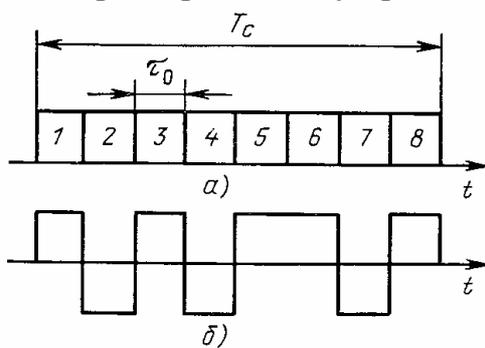
Количество сообщений, которое может быть передано единичным дискретным сигналом, определяется выражением

$$N = m,$$

где m - число значений, которые может принимать информационный параметр дискретного сигнала.

Таким образом, пятиуровневый дискретный сигнал может передать информацию о пяти состояниях контролируемого объекта, а двоичный сигнал - всего о двух состояниях объекта. Несмотря на это, передача информации с помощью двоичных сигналов получила повсеместное применение, поскольку большими преимуществами двоичных сигналов являются простота их формирования, простота передачи по каналу связи и простота приемных устройств двоичных сигналов. Для увеличения количества информации, передаваемой с помощью двоичных сигналов, используется многоэлементный информационный сигнал, формируемый из заданного количества одиночных двоичных сигналов (элементов). Если через n обозначить количество элементов многоэлементного сигнала (кодовой комбинации), то информационная емкость такого сигнала определяется по формуле

На рис. а приведена структура многоэлементного сигнала, составленного из 8 двоичных посылок одинаковой длительности τ_0 . На рис. б, в показан тот же многоэлементный сигнал при передаче двух различных сообщений.



$$N = m^n.$$

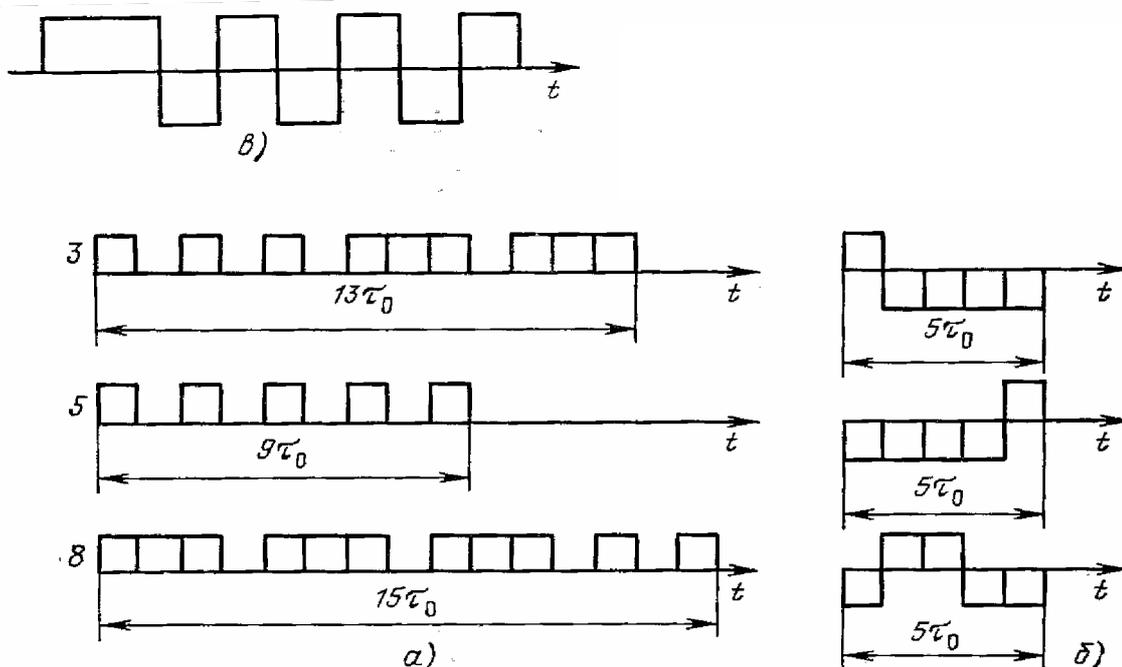
В соответствии с формулой с помощью такого сигнала можно передать $2^8=256$ сообщений. Каждой информации соответствует свое сочетание параметров элементарных двоичных посылок, составляющих многоэлементный сигнал. За единицу измерения количества информации принят бит (двоичная единица количества информации). Количество информации в битах определяется по формуле

$$I = \log_2 N = n \log_2 m.$$

Одиночный двоичный сигнал содержит один бит информации, а многоэлементный сигнал, рассмотренный выше, содержит 8 бит.

Указанные возможности многоэлементного сигнала используются в цифровом методе передачи информации. Этот метод заключается в том, что каждому из сообщений, подлежащих передаче, присваивается свой номер (цифра), значение которого передается сложным сигналом. Процесс преобразования сообщения в соответствующую ему цифру называется кодированием, а электрический сигнал, полученный в результате кодирования, называют кодовой комбинацией. Различают равномерные и неравномерные коды. Равномерным кодом называется код, который для передачи любой информации использует одинаковое число двоичных посылок.

Примером неравномерного кода может служить код Морзе, в котором сигналы различных сообщений различаются количеством элементарных посылок, как показано на рис.



В общем случае при использовании кодовых сигналов не все возможные комбинации используются для передачи рабочей информации, часть комбинаций N_c используют в различных служебных целях, например для повышения достоверности передачи информации. Данное положение оценивается понятием коэффициента избыточности применяемого кода

$$K_{изб} = 1 - \log_2 \frac{N_p}{N}; \quad N = N_p + N_c,$$

где N_p - количество рабочих комбинаций.

Код характеризуется основанием и разрядностью. Основание кода (основание системы счисления) характеризуется количеством значений информационного параметра элемента кода. Разрядность определяется количеством элементов в кодовом сигнале. Любое число в любой системе счисления можно представить выражением

$$A = \sum_{i=0}^{i=n-1} k_i m^i,$$

где m - основание системы счисления; n - количество разрядов; i - номер разряда; k_i - разрядный коэффициент; $k_i = 0 \dots m-1$.

Таким образом, при $n = 4$ величина A будет представлена выражением

$$A = k_i m^3 + k_i m^2 + k_i m + k_i m^0,$$

т. е. четырехразрядным кодом, в котором разряды расположены по степени убывания. Первым разрядом условимся называть разряд вида $k_i m^0$. В этом случае четвертый разряд рассматриваемой кодовой комбинации соответствует $k_i m^3$. Иногда в литературе счет разрядов ведется с нулевого (в нашем случае - с первого) и заканчивается разрядом с номером $n-1$.

В соответствии с изложенным число 120 в десятичной системе счисления запишется в виде трехразрядного кода $120 = 1 \cdot 10^2 + 2 \cdot 10^1 + 0 \cdot 10^0$, а это же число в двоичном коде запишется семиразрядным кодом

$$120 = 1 \cdot 2^6 + 1 \cdot 2^5 + 1 \cdot 2^4 + 1 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0.$$

В двоичном написании $120 = 1111000$.

Количество комбинаций двоичного кода при n разрядах определяется по формуле

$$N = 2^n.$$

Для записи двоичным кодом числа A потребуется $n \approx \log_2 A$ разрядов (n_1 берется равным ближайшему целому числу выражения $\log_2 A$).

Ниже приведены примеры записи десятичных чисел двоичным цифровым кодом при $N = 16$:

0 = 0000	5 = 0101	10 = 1010
1 = 0001	6 = 0110	11 = 1011
2 = 0010	7 = 0111	12 = 1100
3 = 0011	8 = 1000	13 = 1101
4 = 0100	9 = 1001	14 = 1110
		15 = 1111

Ниже приводится пример передачи десятичных цифр двоичным кодом Грея при $N = 16$:

0 = 0000	5 = 0111
1 = 0001	6 = 0101
2 = 0011	7 = 0100
3 = 0010	8 = 1100
4 = 0110	9 = 1101

Из примера видно, что в коде Грея любая кодовая комбинация отличается от двух соседних комбинаций только на одну единицу. Эта особенность кода Грея обеспечивает минимальную погрешность в условиях пропадания и появления лишней посылки, равную единице квантования аналоговой величины.

Единичный десятичный код предусматривает передачу разрядов десятичных цифр соответствующим количеством единиц. Например, число 369 в этом коде передается тремя кодовыми комбинациями:

$$\left. \begin{aligned} 3 &= 000000111 \\ 6 &= 000011111 \\ 9 &= 011111111 \end{aligned} \right\}$$

Подобный код применяется, например, в автоматизированных системах телефонной связи для передачи номера вызываемого абонента.

Двоично-десятичный код предусматривает передачу десятичных цифр четырехразрядным кодом с количеством комбинаций, соответствующим количеству разрядов десятичного числа. Каждая кодовая комбинация несет информацию о значимости десятичной цифры в двоичном исчислении. Наиболее известны коды типов 8-4-2-1, 5-4-2-1, 2-4-2-1.

Значения десятичных цифр в данных кодах приведены в табл.

Цифры	Двоично-десятичный код		
	8-4-2-1	5-4-2-1	2-4-2-1
0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0
1	0 0 0 1	0 0 0 1	0 0 0 1
2	0 0 1 0	0 0 1 0	0 0 1 0
3	0 0 1 1	0 0 1 1	0 0 1 1
4	0 1 0 0	0 1 0 0	0 1 0 0
5	0 1 0 1	1 0 0 0	1 0 1 1
6	0 1 1 0	1 0 0 1	1 1 0 0
7	0 1 1 1	1 0 1 0	1 1 0 1
8	1 0 0 0	1 0 1 1	1 1 1 0
9	1 0 0 1	1 1 0 0	1 1 1 1

Эти коды называются «весовыми кодами», так как каждому разряду присвоен свой «вес». Так, «вес» первого разряда кода 8-4-2-1 соответствует 1, второго разряда - 2, третьего разряда 4, четвертого - 8. Высший разряд в коде 5-4-2-1 имеет «вес», равный 5, а в коде 2-4-2-1, равный 2.

Десятичное число 841 в этих кодах будет записано следующим образом:

$$\begin{aligned} 1000-0100-0001, & \text{ код } 8-4-2-1; \\ 1011-0100-0001, & \text{ код } 5-4-2-1; \\ 1110-0100-0001, & \text{ код } 2-4-2-1. \end{aligned}$$

Тема 2. Информационные потоки в телемеханических системах. Качество передачи информации по дискретным каналам связи (4 часа).

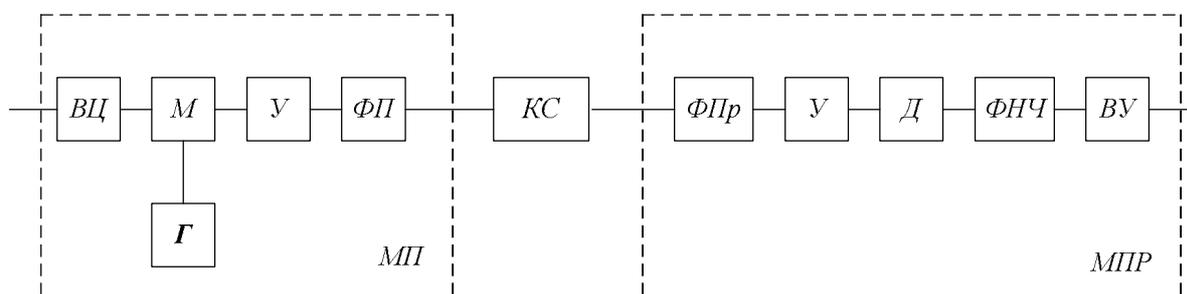
Характеристики информационных потоков и способов их передачи. Анализ передачи информационных потоков в телемеханических системах. Искажения двоичных сигналов. Достоверность передачи информации. Исправляющая способность приемников дискретных сигналов. Помехозащитные коды, используемые в телемеханических системах. Применение корректирующих кодов, циклических систем передачи информации и систем с обратной связью для повышения достоверности телемеханической передачи.

Дискретные каналы связи

Каналы связи, предназначенные для передачи дискретных сигналов, называются дискретными каналами связи. К ним относятся каналы телемеханики, телеграфные каналы и каналы передачи данных. В дискретных каналах телемеханики (КТМ) первичным сигналом (первичным носителем информации) является двоичный сигнал однополярного или двухполярного постоянного тока, поступающий с передающего устройства телемеханики на вход КТМ. В большинстве современных устройств телемеханики первичный сигнал является многоэлементным, т.е. представляет собой совокупность двоичных сигналов. Задачей КТМ является достоверная передача первичного сигнала от предыдущего устройства телемеханики, расположенного в одном пункте, до приемного устройства телемеханики, расположенного в другом пункте. Каналы телемеханики различают по способу преобразования первичного сигнала в сигнал тональной частоты и по скорости передачи дискретных сигналов. В зависимости от вида модуляции, используемой при преобразовании первичного сигнала в сигнал тональной частоты, различают КТМ с амплитудной модуляцией (КТМ - АМ), КТМ с частотной модуляцией (КТМ - ЧМ), КТМ с фазовой модуляцией (КТМ - ФМ). В соответствии с этим используются модемы с АМ, модемы с ЧМ и модемы с ФМ.

Для определения скорости передачи дискретных сигналов по КТМ используется специальная единица измерения - Бод. Скорость передачи, выраженная в бодах, численно равна количеству элементарных посылок при условии непрерывной передачи последовательности посылок, составленной из элементарных посылок разного информационного параметра (точек). В зависимости от максимальной скорости передачи различают каналы со скоростями передачи 50, 100, 200 Бод. В этих каналах соответственно используются модемы, обеспечивающие передачу дискретных сигналов соответственно при скоростях до 50, 100 и 200 Бод. В практике встречаются каналы телемеханики и модемы на скорость передачи 300 Бод, но такие каналы считаются нестандартными. В настоящее время скорости передачи 600, 1200 и 2400 Бод используются в каналах передачи данных, оборудованных соответственно Модемами 600, Модемами 1200 и Модемами 2400.

Функциональная схема КТМ АМ приведена на рис. В этой схеме МП - модем передачи, МПР - модем приема, КС - канал связи (групповой канал телемеханики).



Первичный сигнал, поданный на вход модема передачи, проходит входную цепь ВЦ и поступает на модулятор М. На второй вход М подается сигнал тональной частоты от генератора несущей частоты Г.

В модуляторе происходит амплитудная модуляция несущего колебания, т. е. изменение его амплитуды в соответствии с изменением амплитуды модулирующего (первичного) сигнала. При передаче непрерывного первичного сигнала вида $U \sin(\Omega t)$ мгновенное значение напряжения модулированного колебания на выходе модема определяется формулой

$$u = U_0 \sin \omega_0 t (1 - M \sin \Omega t) = U_0 \sin \omega_0 t + \frac{U_0 M}{2} \cos (\omega_0 - \Omega) t - \frac{M U_0}{2} \cos (\omega_0 + \Omega) t,$$

где U_0 - амплитуда несущего колебания при отсутствии модуляции; M - коэффициент модуляции; ω_0 - частота несущего колебания.

Если первичный сигнал будет представлять собой непрерывную последовательность симметричных посылок с длительностью $T_0 = 1/(2F_M)$, то при $M = 1$ мгновенное значение напряжения модулированного колебания описывается формулой

$$u = 0,9 U_0 \sin \omega_0 t + 0,318 U_0 [\cos (\omega_0 - \Omega_M) t - \cos (\omega_0 + \Omega_M) t] + 0,106 U_0 [\cos (\omega_0 - 3\Omega_M) t - \cos (\omega_0 + 3\Omega_M) t],$$

или в общем виде

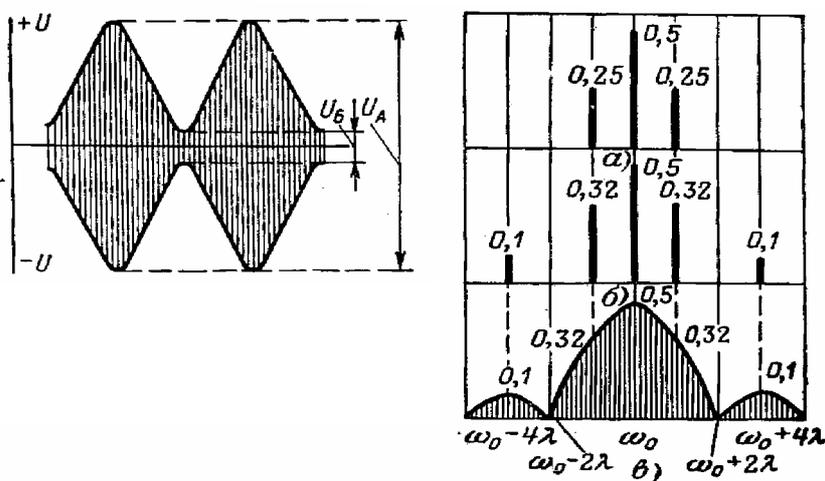
$$u = U_0 [1 + M h(t)] \sin \omega_0 t,$$

где $h(t)$ - функция, отображающая характер изменения амплитуды огибающей первичного сигнала $\Omega_M = 2\pi F_M = \pi/T_0$.

Коэффициент модуляции определяется формулой

$$M = \frac{U_A - U_B}{U_A + U_B},$$

где U_A и U_B - максимальное и минимальное значения амплитуды модулированного колебания.

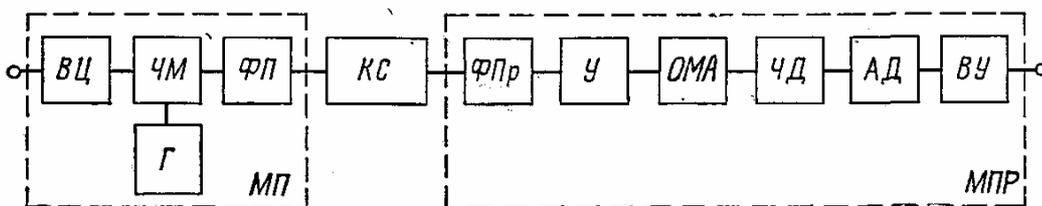


Спектр частот амплитудно-модулированного колебания зависит от формы модулирующего (первичного) сигнала. При синусоидальном первичном сигнале частотой Ω в спектре а) будут три составляющие: несущая частота ω_0 и две боковые частоты $\omega_0 + \Omega$ и $\omega_0 - \Omega$. При передаче серии двоичных сигналов разного знака (точек) и длительностью T_0 частотный спектр будет соответствовать рис. б) при $F_M = 1/(2T_0)$. При дискретной смене параметра (амплитуды) спектра частот АМ колебания содержат множество частотных составляющих, амплитуды которых соответствуют рис. в.

Модулированное колебание с выхода М через усилитель У и фильтр передачи ФП поступает на вход КС (ГКТМ), к выходу которого подключен модем приема МПР. Модулированный сигнал рассматриваемого канала телемеханики проходит через полосовой приемный фильтр ФПР, усилитель приема У и поступает на амплитудный детектор Д, который осуществляет детектирование АМ сигнала. Полученный на выходе Д в результате детектирования первичный сигнал обрабатывается выходным устройством и с выхода МПР поступает на вход приемного устройства телемеханики. При качественной передаче форма первичного сигнала на выходе МПР полностью соответствует форме первичного сигнала на входе канала телемеханики.

Существенное преимущество КТМ - АМ заключается в простоте построения модемов передачи и приема и сравнительно малой чувствительности к частотным искажениям в канале связи. Недостатками, ограничивающими использование КТМ - АМ, являются чувствительность к плавным и скачкообразным изменениям остаточного затухания группового канала телемеханики и малая помехозащищенность в отношении гладких и импульсных помех.

Наиболее широкое применение в энергосистемах нашли каналы телемеханики с частотной модуляцией. На рис. приведена функциональная схема КТМ - ЧМ.



Модем передачи МП содержит узел входной цепи ВЦ частотный модулятор ЧМ, генератор тональной частоты Г и фильтр передачи ФП.

В зависимости от типа модема узел ВЦ обеспечивает либо согласование выхода передающего устройства телемеханики с ЧМ, либо (добавочно) формирование фронтов первичного сигнала, проходящего через ВЦ на вход ЧМ.

В зависимости от значения информационного параметра первичного сигнала ЧМ изменяет значение частоты тонального генератора Г, тем самым преобразуя первичный двоичный сигнал в частотно-модулированный двоичный сигнал.

Информационными параметрами этого сигнала являются нижняя F_Z и верхняя F_A характеристические частоты модема. Кроме того, ЧМ сигнал характеризуется средней (характеристической) частотой F_0 , частотным сдвигом ΔF_c и девиацией частоты ΔF_d . Указанные параметры стандартизованы применительно к различным типам модемов.

Для Модема 50

$$\left. \begin{aligned} F_0 &= 300 + 60N_K; & F_A &= 330 + 60N_K; \\ F_Z &= 270 + 60N_K; & \Delta F_c &= 2\Delta F_d = F_A - F_Z = 60. \end{aligned} \right\}$$

Для Модема 100

$$\left. \begin{aligned} F_0 &= 240 + 240N_K; & F_A &= 300 + 240N_K; \\ F_Z &= 180 + 240N_K; & \Delta F_c &= 2\Delta F_d = F_A - F_Z = 120. \end{aligned} \right\}$$

Для Модема 200

$$\left. \begin{aligned} F_0 &= 120 + 480N_K; & F_A &= 240 + 480N_K; \\ F_Z &= 480N_K; & \Delta F_c &= 2\Delta F_d = 240. \end{aligned} \right\}$$

В этих формулах N_K - порядковый номер модема (канала) телемеханики.

В соответствии с рекомендациями МККТТ для обозначения модемов (и каналов) телемеханики и телеграфных модемов введено трехзначное обозначение, первая цифра которого 1, 2 или 4 обозначает модем 50, 100, 200 Бод, а последние две цифры - номер модема. В табл. приведены значения характеристических частот модемов телемеханики в зависимости от номера модема (канала) в соответствии с рекомендацией МККТТ.

Все каналы указанные в табл., могут быть использованы при организации информационной многоканальной системы по выделенному для этой цели каналу ТФ с полосой рабочих частот 0,3-3,4 кГц.

Рамками в таблице выделены каналы, которые могут быть образованы по групповому каналу телемеханики с рабочей полосой частот 2,1-3,4 кГц.

При отсутствии на входе МП (рис.) первичного сигнала частота тонального сигнала на выходе модема равна F_A (высшей характеристической частоте данного модема).

№ модема (канала)	F_0 , Гц	F_Z , Гц	F_A , Гц
-------------------	------------	------------	------------

а) 50 Бод

101	420	390	450
102	540	510	570
103	660	630	690
104	780	750	810
105	900	870	930
106	1020	990	1050
107	1140	1110	1170
108	1260	1230	1290
109	1380	1350	1410
110	1500	1470	1530
111	1620	1590	1650
112	1740	1710	1770
113	1860	1830	1890
114	1980	1950	2010
115	2100	2070	2130
116	2220	2070	2130
117	2340	2310	2370
118	2460	2430	2490
119	2580	2550	2610
120	2700	2670	2730
121	2820	2790	2850
122	2940	2910	2970
123	3060	3030	3090
124	3180	3150	3210
125	3300	3270	3330

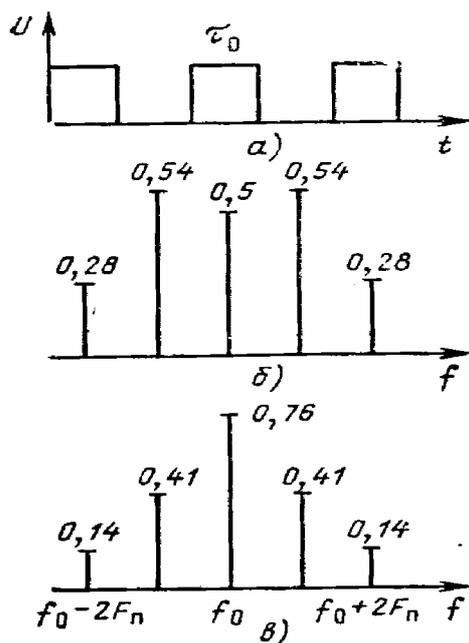
б) 100 Бод

201	430	420	540
202	720	660	780
203	960	900	1020
204	1200	1140	1260
205	1440	1380	1500
206	1620	1620	1740
207	1920	1860	1980
208	2160	2100	2220
209	2400	2340	2460
210	2640	2580	2700
211	2880	2820	2940
212	3120	3060	3180

в) 200 Бод

401	600	480	720
402	1080	960	1200
403	1560	1440	1680
404	2040	1920	2160
405	2520	2400	2640
406	3000	2880	3120

При воздействии на вход МП первичного сигнала значение частоты тонального сигнала будет меняться в зависимости от знака первичного сигнала, принимая значения F_A и F_Z . Пусть на вход МП воздействует первичный сигнал (рис. а), представляющий последовательность двоичных посылок разного знака, но с одинаковой длительностью τ_0 . Частота такого первичного сигнала определяется значением $F_{\Pi} = 1/2\tau_0$. Частотно-модулированный сигнал на выходе МП при передаче данного первичного сигнала будет иметь частотные составляющие, показанные на рис. б, а.



Значения частот этих составляющих определяются величинами

$$F_0 = 0,5(F_A + F_Z);$$

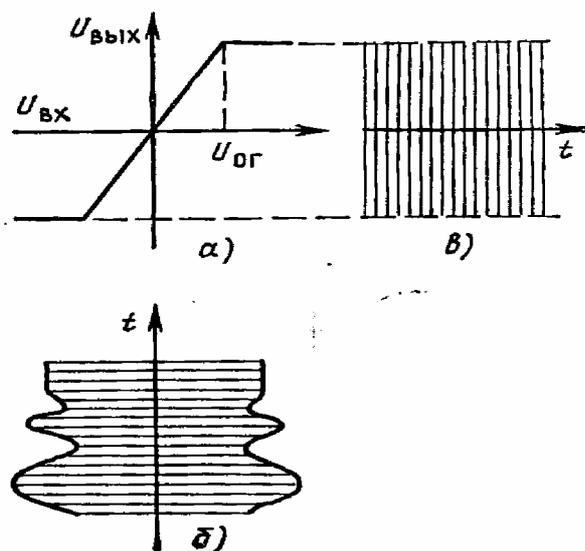
$$F_0 \pm F_{\Pi}; F_0 \pm 2F_{\Pi}; F_0 \pm 3F_{\Pi},$$

а амплитуды спектральных составляющих определяются индексом модуляции

$$M_{\text{чм}} = \frac{\Delta F_{\Pi}}{F_{\Pi}} = \frac{\Delta F_{\text{с}}}{2F_{\Pi}}.$$

Индексом модуляции называется отношение частотного сдвига ЧМ сигнала $\Delta F_{\text{с}}$ к удвоенному значению первичного (модулирующего) сигнала. Спектр частот на рис. б соответствует $M_{\text{чм}} = 0,8$, а на рис. в - $M_{\text{чм}} = 1,2$. Частотно-модулированный сигнал с выхода МП, пройдя КС, поступает на полосовой фильтр приема ФПр модема приема МПР. С выхода ФПр через усилитель U и ограничитель максимальных амплитуд ОМА поступают на вход частотного детектора ЧД. Частотный детектор обеспечивает преобразование ЧМ сигнала в первичный сигнал, т. е. двоичные сигналы постоянного тока, аналогичные тем сигналам, которые воздействуют на вход МП рассматриваемого КТМ. Преобразование ЧМ сигнала в первичный сигнал осуществляется в два этапа: сначала ЧМ сигнал с помощью частотного дискриминатора превращается в АМ сигнал, а затем этот сигнал с помощью амплитудного детектора превращается в двоичный сигнал постоянного тока.

Качественное преобразование ЧМ сигнала в данной схеме частотного детектора возможно только при условии постоянства уровня ЧМ сигнала на входе частотного дискриминатора ЧД. Это условие обеспечивается применением ОМА, который исключает воздействие на амплитуду входного сигнала ЧД изменения остаточного затухания канала связи и паразитной амплитудной модуляции ЧМ сигнала, возникающей в процессе передачи этого сигнала по КТМ. Принцип работы ограничителя ясен из рис., где показан ЧМ сигнал на входе ограничителя (рис. а), зависимость $U_{\text{ВЫХ}} = \varphi(U_{\text{ВХ}})$ ограничителя (рис. б) и ЧМ сигнала на выходе ограничителя максимальных амплитуд (рис. в).

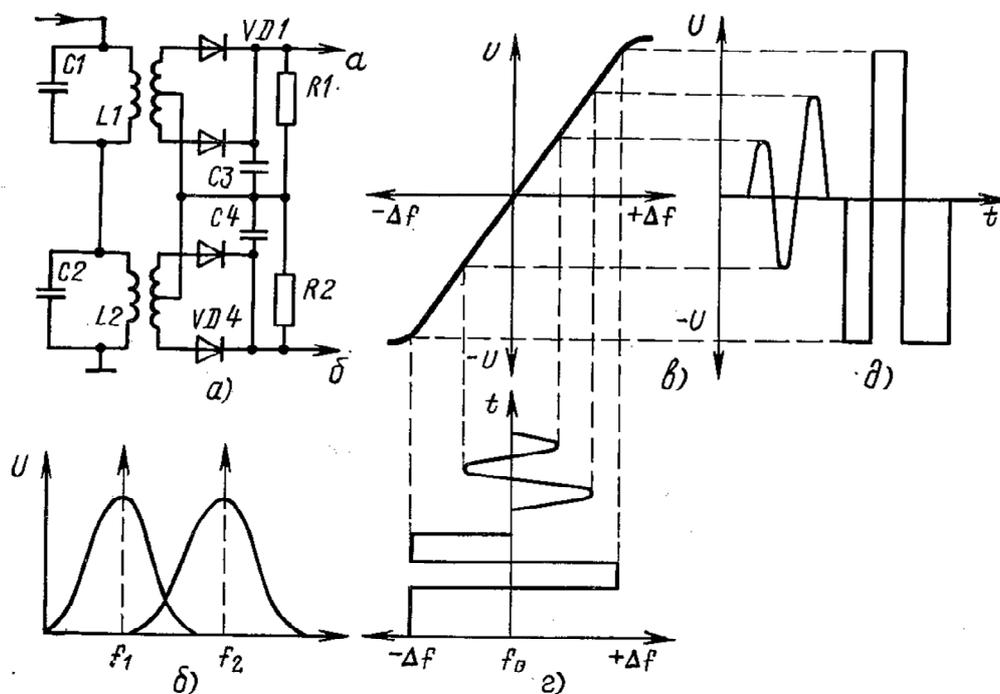


Здесь $U_{\text{ог}}$ - порог ограничения.

Выходное устройство ВУ модема приема обеспечивает корректировку формы первичного приема сигнала и заданное значение амплитуды напряжения этого сигнала на выходе МПР. С выхода МПР сигнал поступает на вход приемного устройства телемеханики, подключенного к данному КТМ. Процесс работы частотного детектора рассмотрим применительно к схеме наиболее широко распространенного в отечественной практике модема, представленной на рис. а. В данной схеме частотным дискриминатором являются два последовательно соединенных резонансных контура $L_1 - C_1$ и $L_2 - C_2$, один из которых настроен на частоту $f_1 = 0,95F_Z$, а другой - на частоту $f_1 = 1,05F_A$.

Частотная зависимость напряжения тональной частоты на зажимах вторичных обмоток этих контуров приведена на рис. б. В схему АД входят диоды VD1 - VD4, конденсаторы C_3 и C_4 и резисторы R_1 и R_2 . При воздействии на вход частотного детектора сигнала тональной частоты на его выходе (зажимах а - б) появляется напряжение постоянного тока, амплитуда и полярность которого связаны с частотой входного сигнала зависимостью, описываемой кривой на рис. в, причем напряжение на выходе детектора будет равно нулю при частоте входного сигнала, равной: $F_0 = 0,5(F_A + F_Z)$.

Если на вход частотного детектора действует ЧМ сигнал, соответствующий кривой рис. г, то на выходе его первичный сигнал будет соответствовать рис. д.



Преимуществами модемов с частотной модуляцией являются малая чувствительность к плавным изменениям остаточного затухания канала связи и повышенная помехозащищенность по сравнению с модемами АМ. На качество работы КТМ - ЧМ сказывается частотная погрешность в КС.

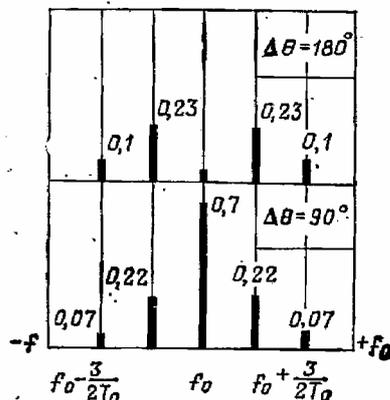
Каналы телемеханики с ФМ являются перспективными, дискретными каналами связи, и работы по использованию этих каналов в энергетике уже начаты.

При фазовой манипуляции фаза колебания несущей частоты изменяется дискретно, принимая одно из двух значений в соответствии с значением амплитуды двоичного сигнала на входе модема передачи, т. е. фаза фазомодулированного сигнала является функцией вида

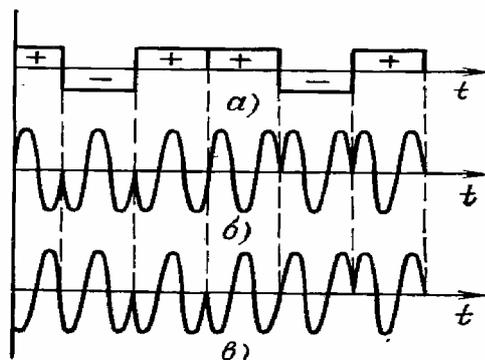
$$\theta = f(A_c),$$

где A_c - параметр первичного сигнала

На рис. показаны спектры частот фазоманипулированного колебания при разных значениях фазовой девиации и при дискретном модулирующем сигнале, представляющем последовательность «точек» при длительности элементарного сигнала T_0 .

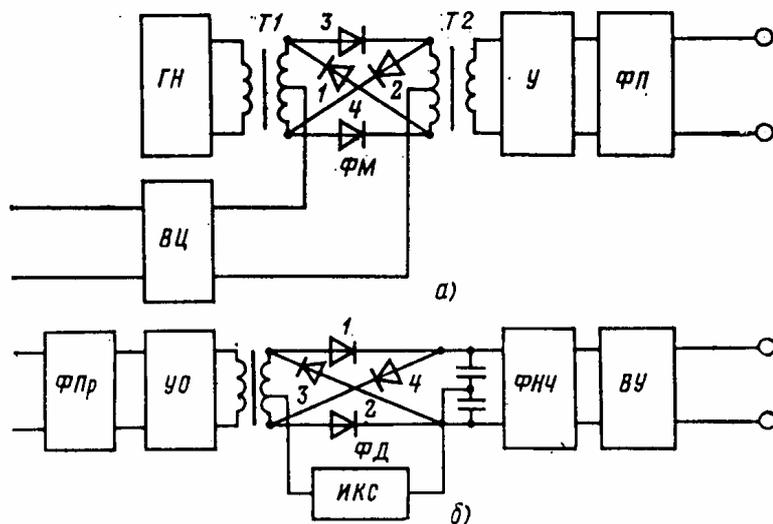


В практике встречаются два вида фазовой модуляции: обычная (ФМ) и относительная (ОФМ). На рис. показаны осциллограммы сигналов на входе фазового модулятора, на выходе фазового модулятора обычной и при относительной фазовой модуляции.



Модем передачи, содержащий генератор несущей частоты ГН, фазовый модулятор ФМ, усилитель У, фильтр передачи ФП и входную цепь модулирующего сигнала ВЦ, показан на рис. Фазовый модулятор, состоящий из двух трансформаторов T_1 и T_2 и четырех диодов 1 - 4, обеспечивает получение фазовой манипуляции несущего колебания, поступающего от ГН через T_1 . В зависимости от полярности двоичного модулирующего сигнала, поданного на вход модема (вход ВЦ), открываются диоды 1 и 2 либо диоды 3 и 4. Переключение диода изменяет направление прохождения тока, несущего колебания через первичную обмотку T_2 , а следовательно, изменяет фазы несущего колебания на выходе модема на угол 180° .

Модем передачи системы ОФМ отличается от рассмотренного наличием кодирующего устройства, которое обеспечивает изменение фазы несущего колебания на 180° только при наличии на входе модема первичного сигнала определенной полярности, например положительной. Кодирующее устройство предусматривает наличие тактовых импульсов, частота следования которых синхронизирована со скоростью передачи двоичных первичных сигналов.

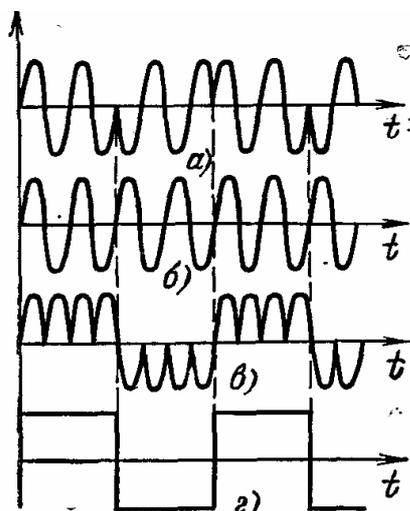


Прием фазомодулированных колебаний осуществляется с помощью фазовых детекторов ФД, которые превращают изменение фазы приемного

сигнала в изменение полярности первичного сигнала на своем выходе. Для работы ФД необходимо иметь так называемое опорное напряжение несущей частоты, синхронное и синфазное напряжение немодулированного несущего колебания модема передачи.

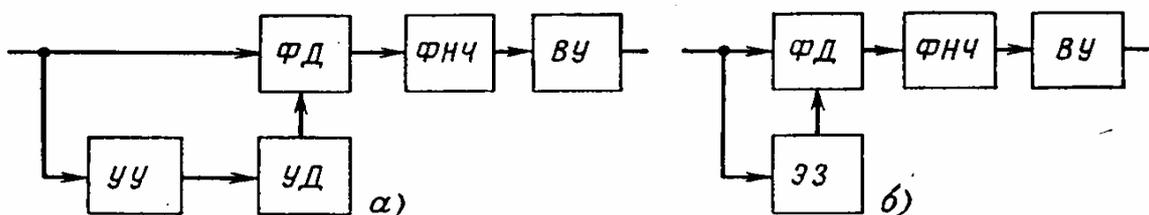
На рис. б приведена функциональная схема модема приема колебания с ФМ при наличии источника опорного сигнала ИКС. В этой схеме ФПр - фильтр приема, УО - усилитель-ограничитель, обеспечивающий усиление приемного сигнала и ограничение его амплитуды таким образом, чтобы изменение приемного уровня и воздействие помех не вызывали амплитудной модуляции сигнала на входе фазового детектора ФД. На выходе ФД установлены фильтр нижних частот ФНЧ и выходное устройство ВУ.

Принцип работы модема приема иллюстрируется осциллограммами на рис.



Напряжение опорного сигнала, воздействуя на диоды ФД, в зависимости от полярности полупериода открывает диоды 1 и 2 либо диоды 3 и 4, меняя тем самым направление прохождения тока фазомодулированного колебания через входное сопротивление фильтра низких частот. Как видно из кривых на рис. а - в, если фаза опорного напряжения совпадает с фазой принимаемого сигнала (рис. а), то на входе ФНЧ мы имеем положительные импульсы тока, если фаза приемного сигнала не совпадает с фазой опорного сигнала, то импульсы тока (рис, в) на входе ФНЧ меняют свою полярность. После ФНЧ и выходного устройства ВУ мы имеем первичные двухполярные сигналы (рис. г).

Способ получения опорного сигнала из фазомодулированного колебания показан на рис. а.

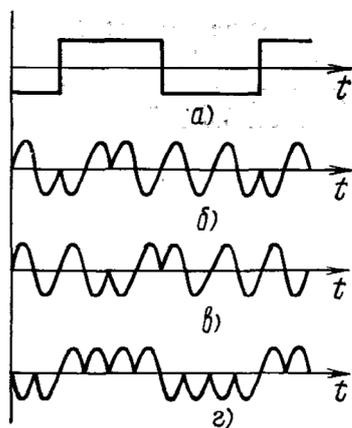


Фазомодулированные колебания из тракта приема подаются на узел удвоения частоты УУ, на выходе которого появляется колебание с частотой, равной удвоенной частоте несущего колебания; фаза этого колебания остается

неизменной при изменении фазы приемного сигнала. Напряжение сигнала удвоенной частоты воздействует на узел деления частоты УД, который вырабатывает сигнал, по частоте равный сигналу несущего колебания. Этот сигнал в качестве опорного сигнала подается на фазовый детектор ФД, где путем сравнения фаз приемного сигнала и опорного сигнала осуществляется демодуляция.

Рассмотренный способ приема весьма прост, но он имеет существенный недостаток, заключающийся в том, что могут наблюдаться произвольная смена фазы, колебания на выходе УУ при кратковременных перерывах связи или сильном воздействии помех. Это изменение фазы вызовет смену знака первичного сигнала на выходе модема приема, т. е. полное искажение принимаемой информации. Такое явление называется «обратной» (негативной) работой. Исключить явление «обратной» работы позволяют системы ОФМ, получившие широкое практическое применение. Следует отметить два способа приема фазо-модулированного колебания ФМ: способ сравнения фаз и способ сравнения полярностей (на последнем основана работа ОФМ).

Функциональная схема устройства приема, выполненного по принципу сравнения фаз, представлена на рис. б. Напряжение фазомодулированного сигнала из тракта приема модема через элемент временной задержки ЭЗ, имеющий время задержки, равное длительности элементарной посылки, подается в качестве опорного сигнала на ФД. Осциллограммы, иллюстрирующие принцип работы модема приема, основанный на сравнении фаз, приведены на рис. Первичный сигнал (рис. а), воздействуя на вход модема передачи, обеспечивает появление фазо-модулированного сигнала (рис. б), который затем воспринимается модемом приема и поступает на первый вход ФД. На второй вход ФД в качестве опорного сигнала, подается тот же самый фазомодулированный сигнал, но сдвинутый по времени относительно первого сигнала на длительность элементарной посылки t_0 (в). В результате сравнения фаз сигналов (рис. б и в) ФД вырабатывает сигнал, показанный на рис. г. После прохождения этого сигнала через ФНЧ и ВУ модема приема (см. рис. б) на выходе модема первичный сигнал будет аналогичен первичному сигналу, показанному на рис. а.



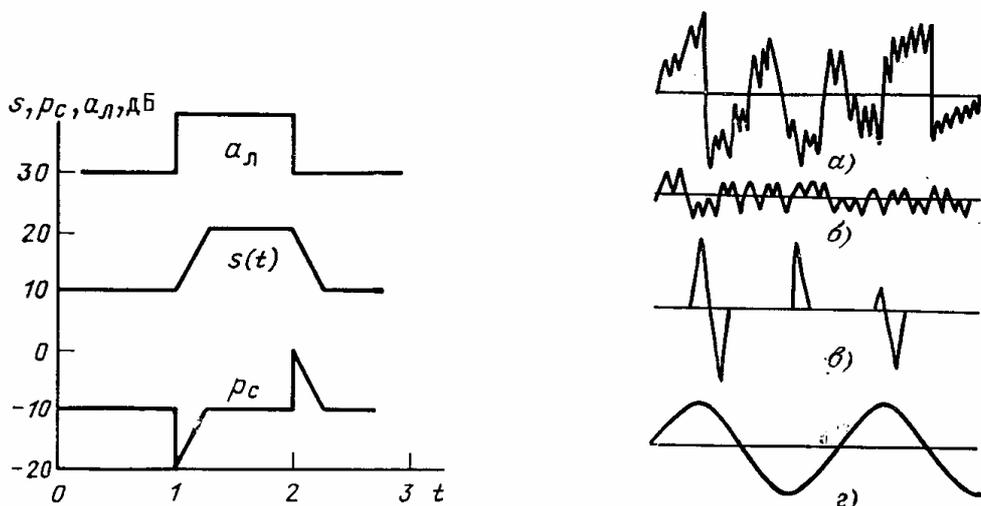
Помехи

Основной причиной появления случайных искажений являются помехи. В общем случае понятие помехи определяет любое явление, вызывающее искажение параметра сигнала, несущего информацию. Помехи делятся на две группы: неаддитивные и аддитивные. Появление неаддитивных (т. е. «не суммирующихся» с сигналом) помех вызывается несоответствием основных параметров каналов связи определенным нормам, вследствие чего наблюдаются нелинейные искажения сигналов, передаваемых по каналу. Примеры таких помех были рассмотрены выше.

Аддитивными (т. е. «суммирующимися») помехами называются факторы, воздействующие на качество передачи сигнала по каналу связи извне. Аддитивные помехи проявляются в виде постороннего напряжения, проникающего в канал с соседних каналов или от других источников энергии и складывающегося с напряжением передаваемого сигнала. В общем случае аддитивные помехи содержат три типа помех: флуктуационную, гармоническую и импульсную. В частном случае может иметь место аддитивная помеха, представленная одним или двумя типами указанных помех. На рис. а приведены осциллограммы аддитивных помех. Флуктуационные помехи (рис. б) отличаются нерегулярностью амплитуд и длительностей и являются результатом наложения большого количества элементарных импульсов электрического тока, возникающих случайно.

Импульсные помехи (рис. в) представляют собой однополярные или двухполярные импульсы тока значительной амплитуды и характеризуются тем, что длительность этих импульсов во много раз меньше длительности интервала времени между двумя соседними импульсами.

Гармоническая помеха (рис. г) проявляется в виде одночастотного синусоидального или модулированного синусоидального сигнала. В системах передачи информации по линиям электропередачи основным источником аддитивных помех являются ЛВТ, а точнее сама ВЛ и силовое оборудование подстанций, входящих в схему ЛВТ.



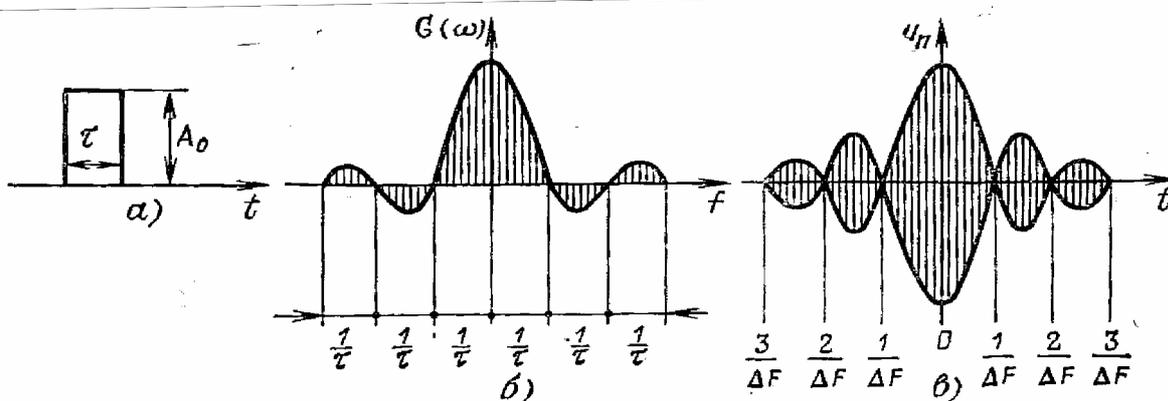
Причинами возникновения аддитивных помех являются коронирование линейных проводов ВЛ, частичные разряды по поверхности изоляции ВЛ и силового оборудования, коммутация силового оборудования, дуга короткого

междуфазного замыкания ВЛ или замыкания фазы на землю, атмосферные разряды, посторонние ВЧ передатчики.

Все перечисленные источники помех, за исключением посторонних ВЧ передатчиков, создают помехи в виде кратковременных импульсов тока различной длительности и различных амплитуд, воздействующих на вход приемного фильтра аппаратуры системы передачи информации. Степень воздействия помех на качество передачи сигналов определяется параметрами помех не на входе приемника, а на выходе фильтра приема аппаратуры, т. е. параметрами аддитивных помех в канале связи. Импульс постоянного тока прямоугольной формы с амплитудой A_0 и длительностью τ (рис. а) представляет собой совокупность бесконечного множества частотных составляющих с различными амплитудами.

Спектральная плотность такого импульса, т.е. зависимость амплитуды составляющих от частоты определяется функцией

$$G(\omega) = 2A_0 \frac{\sin \omega \frac{\tau}{2}}{\omega}.$$



Графическое изображение этой функции приведено на рис. б. При воздействии рассматриваемой импульсной помехи на вход полосового фильтра аппаратуры, имеющего среднюю частоту полосы пропускания ω_0 и полосу частот пропускания $\Delta\Omega = 2\pi\Delta F$, на выходе фильтра появится импульсная помеха описываемая формулой

$$u_n = 2\Delta F A_0 \frac{\sin \frac{\Delta\Omega}{2} t}{\Delta\Omega \frac{t}{2}} \cos \omega_0 t.$$

Эта помеха имеет форму, показанную на рис. в. Здесь A_0 - площадь импульса помехи на входе фильтра аппаратуры связи.

Таким образом, при воздействии импульсной помехи на вход полосового фильтра на его выходе получим импульс переменного тока, частота которого равна средней частоте полосы пропускания фильтра. Максимальная амплитуда этого импульса пропорциональна ширине полосы пропускания фильтра, а изменение огибающей импульса во времени происходит с частотой, численно

равной половине ширины полосы частот пропускания фильтра. Если через τ_0 обозначить длительность импульса на выходе фильтра, т.е. интервал времени, соответствующий основной мощности импульса, то, как видно из рис. в,

$$\tau_0 \approx \frac{1}{2\Delta F} = \frac{1}{\Delta\Phi},$$

где $\Delta\Phi$ - полоса частот пропускания фильтра.

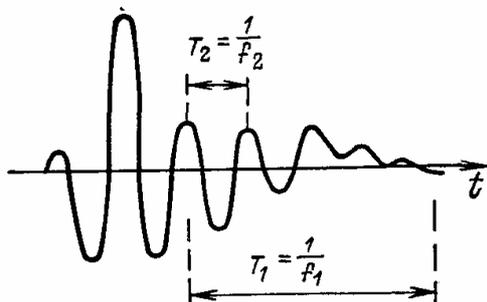
При воздействии на вход фильтра серии импульсных помех, элементы которой следуют друг за другом с интервалом времени $t_{\Pi} > \tau_0$, на выходе фильтра получим также серию импульсов. Если импульсы помехи на входе фильтра с интервалом времени $t_{\Pi} < \tau_0$, то на выходе фильтра получим помеху, по своей форме аналогичную флуктуационной. Следует подчеркнуть, что при одной и той же последовательности импульсных помех на входе фильтра на его выходе можем получить флуктуационные помехи, если фильтр имеет малую полосу частот пропускания. Поскольку в системах передачи информации в энергосистемах полосы рабочих частот каналов лежат в пределах от 120 до 3000 Гц, импульсные помехи аппаратуры с интервалами следования, меньшими 0,3 мс, будут проявляться на выходе любого канала в виде флуктуационных помех. Это относится к помехам от коронирования ВЛ и частичных разрядов с интервалами следования порядка $(1 - 3) \cdot 10^{-2}$ мс. Помехи, обусловленные короткими замыканиями ВЛ, коммутацией силового оборудования и атмосферными разрядами на выходе фильтров каналов, имеют вид импульсов. Источником аддитивных помех является не только линейный высоковольтный тракт (ЛВТ). Флуктуационные помехи могут быть вызваны усилительными электронными лампами и транзисторами, импульсные помехи - колебаниями напряжения питающего источника или переключениями цепей питания, гармонические помехи - явлением самовозбуждения усилительных узлов, влияющим действием соседних каналов и т. д.

Гармоническая помеха в канале связи характеризуется частотой и амплитудой напряжения или уровнем на выходе канала; флуктуационная помеха оценивается среднеквадратичным значением напряжения. При этом максимальные пики флуктуационной помехи не превышают указанное напряжение более чем в 3 раза с вероятностью 0,99. Уровень флуктуационных помех (так же как уровень гармонической помехи) может быть измерен указателем уровня с квадратичным детектором. Флуктуационные помехи, как правило, нормируются значением уровня в полосе частот 1 кГц.

Одиноким импульсная помеха характеризуется максимальным значением напряжения и длительностью (формой). Амплитуда и форма импульсной помехи обычно определяются по осциллографу на выходе канала связи. Как было показано, форма импульсной помехи на выходе узкополосного фильтра ($\Delta\Phi < < f_{\text{ср}}$) соответствует форме помехи на рис. б.

Исследования показали, что форма импульсной помехи на выходе широкого канала отличается от показанной на этом рисунке и определяется двумя частотными составляющими, соответствующими граничным частотам полосы пропускания фильтра, и коэффициентом наклона фазочастотной характеристики фильтра.

Фаза импульсной помехи на выходе телефонного канала показана на рис.



Такая форма характерна для телефонных каналов многоканальных систем уплотнения, у которых приемный групповой фильтр имеет достаточно широкую полосу пропускания. Эта форма импульсной помехи сохраняется практически неизменной при длительности возбуждающего импульса $0 < t < 0,1$ вне зависимости от места его появления (с ЛВТ или в трактах приема-передачи аппаратуры уплотнения). Из рис. видно, что импульсная помеха на выходе фильтра является нестационарным процессом затухающих колебаний напряжения с нижней и верхней частотами полосы пропускания фильтра.

Время появления в канале и амплитуда помехи непрерывно меняются. Поэтому исследование отдельной импульсной помехи не дает никакого представления о воздействии импульсных помех на качество передачи информации по данному каналу. Импульсные помехи рассматривают как случайный процесс, оценить который можно с позиций теории вероятности.

Краевые искажения, обусловленные воздействием флуктуационных помех, подчиняются нормальному закону распределения, поэтому целесообразно их учитывать значением среднеквадратичных искажений, которые определяются:

для ТМ – АМ

$$\delta_{с.к} = \frac{141B}{\Delta F} e^{-0,115\Delta P};$$

для ТМ - ЧМ

$$\delta_{с.к} = \frac{50B}{\Delta F} e^{-0,115\Delta P};$$

для ТМ - ФМ

$$\delta_{с.к} = \frac{70B}{\Delta F} e^{-0,115\Delta P},$$

где $\delta_{с.к}$ выражается в процентах, а значение ΔP соответствует разности эффективных уровней сигнала и помехи на выходе фильтра модема приема. Если для данного канала ТМ установлена норма искажений от флуктуационных помех δ_1 , то вероятность того, что краевые искажения в канале превышают эту норму, определяется по данным, приведенным ниже:

$\delta_1/\delta_{с.к}$...	1	2	3	4	5	6
$P(\delta_1 < \delta_{с.к})$...	0,32	$4,5 \cdot 10^{-2}$	$2,7 \cdot 10^{-3}$	$6,3 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-7}$	$2 \cdot 10^{-9}$

Искажения от импульсных помех в каналах ТМ - АМ определяются по формуле

$$\delta = 400B \frac{A_0}{U_c} \% = 200 \frac{B}{\Delta F} \frac{U_{п max}}{U_c},$$

где U_c - напряжение полезного сигнала на выходе полосового фильтра модема приема.

Значение A_0 связано со значением максимальной амплитуды импульсной помехи $U_{п max}$ на выходе фильтра выражением

$$A_0 = \frac{U_{п max}}{2\Delta F}.$$

Для каналов ТМ - ФМ величина искажений, %, определяется по формуле

$$\delta = 100 \frac{B}{\Delta F} \frac{U_{п max}}{U_c},$$

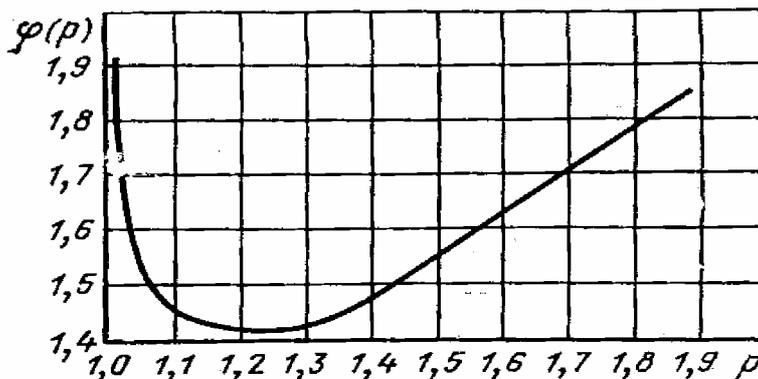
а для ТМ - ЧМ - по формуле

$$\delta = 44 \frac{B}{\Delta F} \varphi(p) \frac{U_{п max}}{U_c},$$

где функция $\varphi(P)$ учитывает девиацию частоты полезного сигнала в канале ЧМ (Δf_d) и полосу частот пропускания этого канала

$$p = \frac{\Delta F}{2\Delta f_d}.$$

На рис. приведена зависимость $\varphi(P)$ от значения P .



В реальных условиях значение выбирается равным 1,4, и при этом

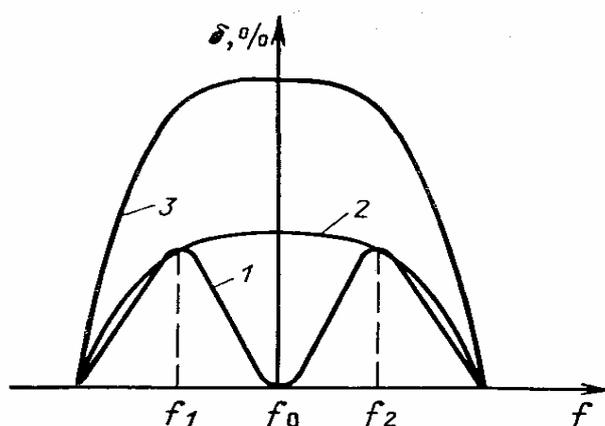
$$\delta = 66 \frac{B}{\Delta F} \frac{U_{п max}}{U_c}.$$

Частотный двухконтурный детектор модема приема ослабляет действие импульсных помех, поэтому искажения в каналах ТМ - ЧМ учитывают по формуле

$$\delta = 50 \frac{B}{\Delta F} \frac{U_{п max}}{U_c}.$$

На рис. показана степень воздействия гармонической помехи на различные каналы телемеханики.

Частотная зависимость степени воздействия гармонической помехи на ТМ - АМ определяется частотной характеристикой приемного полосового фильтра модема, а на ТМ - ЧМ и ТМ - ФМ - кроме того, и частотной характеристикой соответственно частотного и фазового детектора.



Для канала ТМ - АМ краевые искажения в полосе пропускания фильтра определяются выражением

$$\delta = 200 \frac{B}{\Delta F} e^{-0,115\Delta p},$$

где ΔF - разность уровней сигнала и помехи на выходе фильтра приема.

Наибольшие искажения в каналах ТМ - ЧМ возникают при гармонической помехе, по частоте равной частоте настройки частотного дискриминатора модема приема, при этом

$$\delta = 100 \frac{B}{\Delta F} e^{-0,115\Delta p}.$$

Исправляющая способность приемников дискретных сигналов

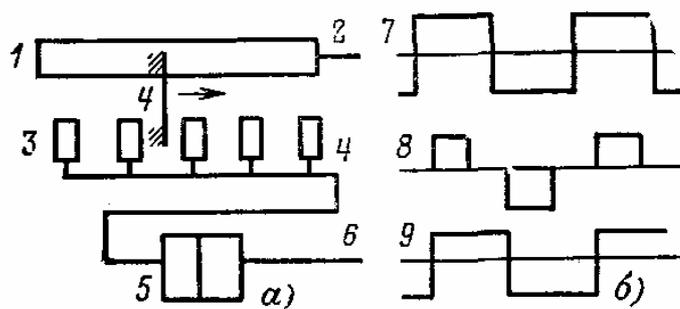
Качество любого приемника информации характеризуется величиной его исправляющей способности, т. е. максимальным искажением параметра сигнала на входе приемника, при котором возможен прием информации без ошибок. Поскольку передатчик информации может вносить некоторые искажения в параметр сигнала, под исправляющей способностью системы, составленной из передатчика и приемника информации, включенных через искусственную линию, понимают максимальное значение добавочных искажений параметра сигнала, которое можно ввести без нарушения достоверности передачи информации.

Различают три вида исправляющей способности: теоретическую, эффективную и номинальную. Теоретическая исправляющая способность приемника дискретных сигналов рассчитывается по конструктивным данным устройства при условии наличия идеального фазирования по посылкам. Эффективная исправляющая способность измеряется для конкретного устройства в заданных условиях эксплуатации. Номинальная исправляющая

способность определяется как минимальное значение эффективной исправляющей способности по измерению многих образцов аппаратуры в реальных условиях работы.

Исправляющая способность приемника информации определяется принятыми конструктивными решениями способа регистрации посылок. Наибольшее распространение получили два способа регистрации посылок: стробирование и интегрирование. Регистрация посылок способом стробирования базируется на следующих положениях: поскольку начало и конец дискретной посылки претерпевают воздействие нестационарных процессов, то данные участки посылки наиболее подвержены искажениям, называемым краевыми. Наиболее устойчивой является средняя часть дискретной посылки, соответствующая режиму установившегося номинального значения ее параметра (амплитуды, частоты или фазы). Способ стробирования предусматривает использование для работы приемного устройства именно этой части дискретной посылки.

На рис. а приведена функциональная схема приемного устройства, входной узел которого выполнен в виде механического распределителя. Этот распределитель состоит из сплошного контактного кольца 1, к которому подключена линия 2, кольца 3, содержащего укороченные контакты, и щетки 4, которая, вращаясь, скользит по кольцам и осуществляет электрическое соединение укороченных контактов кольца 3 с кольцом 1. Все укороченные контакты соединены между собой и выведены на вход триггера 5, с выхода которого 6 принятые посылки поступают на последующие узлы приемного устройства. Если между импульсами, поступающими из линии, и приемным распределителем установлены синфазность и синхронность, то данному устройству соответствует временная диаграмма, приведенная на рис. б. На вход распределителя (кольцо 1) поступают посылки некоторой комбинации 7.

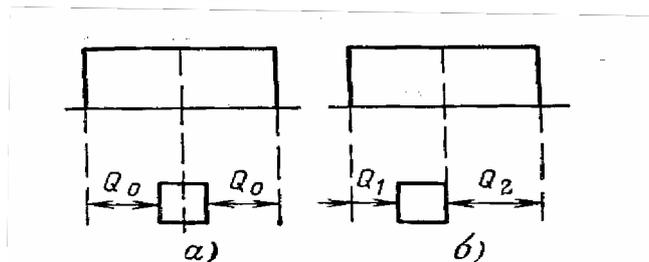


В моменты приема средней части каждой посылки осуществляется стробирование, которое в данном случае представляет собой соединение укороченного контакта щеткой 4 с кольцом 1. Время существования этой цепи (скольжения щетки по укороченному контакту) соответствует длительности стробирования а.

На временной диаграмме моменты стробирования показаны графиком 8 в виде импульсов тока, поступающих на вход триггера 5. Под воздействием кратковременных импульсов стробирования 8 триггер 5 срабатывает, и с выхода его на узлы приемного устройства поступают посылки 9.

При ориентации момента стробирования (укороченного контакта) относительно середины принимаемой посылки (рис. а) искажения начала и конца посылки, по длительности равные или меньшие, чем

$$Q_1 = \frac{T_0 - a}{2},$$



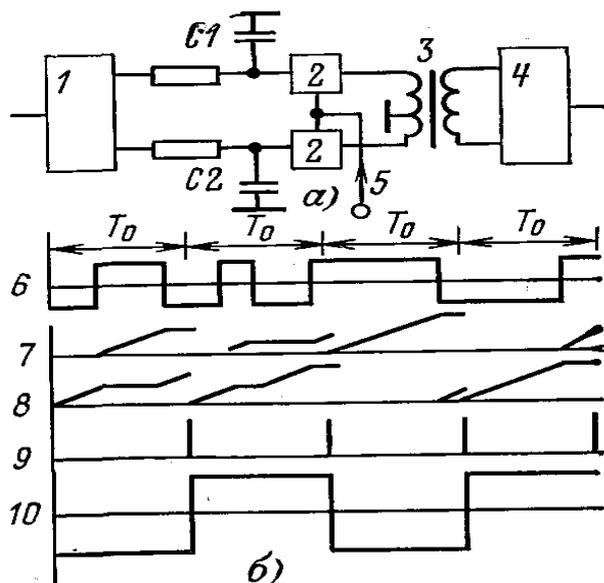
не окажут воздействия на качество посылок, поступающих с выхода триггера 5, т. е. искаженные в указанных пределах линейные посылки будут исправлены. Если момент стробирования будет смещен относительно середины посылки (рис. б), то допустимое значение искажений линейной посылки, которая будет исправлена приемным устройством, окажется меньше, чем в предыдущем случае, и определится формулой

$$Q_2 = \frac{T_0 - a}{2} - \Delta_{см} = Q_1 - \Delta_{см},$$

где $\Delta_{см}$ - смещение момента стробирования относительно середины посылки, мс.

Следует отметить, что чем меньше время стробирования и точнее ориентирован момент стробирования относительно середины посылки, тем больше значение исправляющей способности устройства.

Прием посылок способом интегрирования ясен из рис.



Узел приемного устройства состоит из распознавателя знака посылки 1, двух накопительных элементов - конденсаторов С1 и С2, двух логических элементов И (2), сумматора 3, выполненного в виде трансформатора, и выходного триггера 4. В заданные моменты времени из схемы приемного

устройства на вторые входы элементов И подается кратковременный регистрирующий импульс с зажима 5.

Пусть на вход распознавателя знака посылки поступает серия посылок, приведенная на графике 6 (рис.). При поступлении посылки по знаку соответствующей 1 с выхода распознавателя подается напряжение, заряжающее конденсатор С1. Емкость конденсатора выбрана такой, чтобы постоянная времени его заряда значительно превышала длительность элементарной посылки T_0 ; таким образом, заряд конденсатора С1 пропорционален длительности принимаемой посылки 1.

При приеме посылки другого знака (что соответствует 0) напряжение с выхода распознавателя подается на конденсатор С2, параметры цепи заряда которого аналогичны параметрам конденсатора С1.

На графике 7 показана временная диаграмма заряда конденсатора С1, на графике 8 - конденсатора С2. В момент поступления регистрирующего импульса (график 9) элементы И открываются и конденсаторы С1 и С2 разряжаются через обмотки суммирующего трансформатора 3. Под воздействием разностного напряжения срабатывает триггер 4, выдавая сигнал 1, если заряд конденсатора С1 оказался больше заряда конденсатора С2, или посылку 0, если больший заряд имеет место на конденсаторе С2.

Временная диаграмма посылок на входе триггера приведена на графике 6. Вторая посылка графика 6 претерпела искажение дробления, проявившееся в том, что посылка знака 0 кратковременно изменила знак на 1, а затем вновь приобрела знак 0. В соответствии с принципом работы устройства за время приема этой посылки оба конденсатора получают заряд, однако, поскольку длительность состояния 0 оказалась больше длительности состояния 1, конденсатор С1 зарядится до потенциала, меньшего, чем потенциал конденсатора С2. При суммировании триггер 4 выдаст посылку 0, несмотря на наличие искажения дробления. Таким образом, посылка окажется исправленной. То же самое явление будет иметь место и при краевых искажениях посылки, если они не будут превышать определенной нормы. Для того чтобы производилось исправление искаженной посылки, величина $0,5 T$ должна превышать суммарную по времени величину этих искажений не менее чем на $\Delta\tau$, что соответствует времени заряда конденсатора до потенциала, достаточного для работы триггера 4. На графике 10 показаны посылки на выходе триггера 4.

Существуют приемные устройства, исправляющая способность которых обусловлена комбинированным применением способа стробирования и интегрирования.

Следует отметить, что эффективность способа интегрирования, так же как способа стробирования, в значительной мере определяется качеством фазирования приемного устройства. Надежная работа системы передачи дискретной информации определяется требованием синфазной и синхронной работы передающего и приемного устройств. Синфазность приемника с передатчика поддерживается автоматически в течение всего процесса работы системы. Задачей фазирования является обеспечение синфазности приема не

только по посылкам, но и по циклам передачи. В зависимости от выполнения устройств фазирования различают синхронные, старт-стопные и старт-стопно-синхронные системы передачи посылок.

Сравнение эффективности применения того или другого способа приема посылок должно выполняться отдельно для случая дробления посылок.

В условиях краевых искажений способ стробирования обеспечивает безыскаженный прием посылки до тех пор, пока смена знака посылки не совпадет с моментом стробирования. При очень малой длительности стробирования максимальное смещение границ посылки, допустимое при данном способе приема, определяется величиной $Q_{\text{строб}} = T_0/2$. При интегральном способе приема для оценки знака посылки необходима регистрация не менее чем половины длительности посылки. При этом максимальное смещение границ посылки, обусловленное краевыми искажениями, определится величиной $Q_{\text{инт}} = 0,25T_0$. Таким образом, при краевых искажениях наиболее эффективным способом приема посылок является способ стробирования. Устройство с применением способа стробирования обеспечивает прием посылок при вдвое больших краевых искажениях, чем это допустимо для аналогичного устройства, выполненного на основе способа интегрирования.

При наличии дроблений стробирование не обеспечивает правильной регистрации посылки в том случае, когда дробление совпадает с моментом стробирования. При использовании способа интегрирования качество приема посылки не зависит от расположения моментов дробления; здесь условием правильного приема является требование, чтобы сумма длительностей импульсов дробления (импульсов противоположного знака) была менее половины длительности элементарной посылки (времени интегрирования $T_{\text{и}} = T_0$). Таким образом, если в искажениях передачи преобладает явление дробления посылок, способ интегрирования оказывается значительно эффективнее, чем способ стробирования.

Теоретическая исправляющая способность синхронного приемника, выполненного на основе способа стробирования и имеющего длительность момента стробирования a , определяется формулой, %

$$\mu = \frac{T_0 - a}{2T_0} 100$$

(по краевым искажениям посылок).

Исправляющая способность по дроблениям определяется формулой, %

$$\vartheta = \frac{a}{T_0} 100.$$

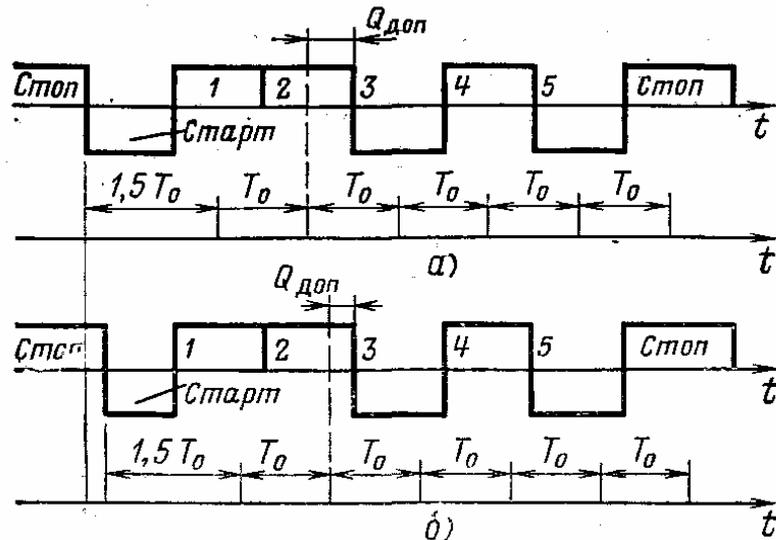
Для синхронной системы, выполненной с регистрацией посылок по способу интегрирования, $\mu = 25\%$, $\theta = 50\%$.

Исправляющая способность старт-стопного приемника с регистрацией посылок по способу стробирования определяется формулой, %

$$\mu = \frac{Q_{\text{доп}}}{T_0} 100,$$

где $Q_{\text{доп}}$ - допустимое смещение границ-посылок, %.

Следует подчеркнуть, что при страт-стопном приеме следует считаться с возможностью искажения начала стартового импульса или «смещением страт-стопного перехода».



На рис. а приведены временная диаграмма неискаженных посылок страт-стопной комбинации и расположение укороченных контактов (моментов стробирования).

Эта диаграмма соответствует случаю идеального фазирования, и при этом

$$Q_{\text{доп}} = \frac{T_0 - a}{2} 100,$$

а следовательно,

$$\mu_{\text{ст}} = \frac{T_0 - a}{2T_0} 100.$$

На рис. б представлена временная диаграмма для случая искажения начала стартовой посылки (смещения страт-стопного перехода) на величину $Q_{\text{ст}}$. Это смещение вызвало смещение моментов стробирования всех посылок относительно середины этих посылок. Если проанализировать условия приема, например, четвертой посылки, то окажется, что допустимые искажения конца этой посылки составляют $Q_{\text{доп}}$. При превышении этого значения посылка будет зарегистрирована неправильно.

Таким образом

$$Q_{\text{доп}} = Q'_{\text{доп}} + Q_{\text{ст}},$$

где $Q'_{\text{доп}}$ - допустимое смещение границ информационных посылок при наличии смещения страт-стопного перехода.

В соответствии с рекомендациями МККТТ страт-стопным искажением называется величина, %,

$$\delta_{ст} = \frac{Q_{max}}{T_0} 100,$$

где Q_{max} - максимальная измеренная разность между поступившими и теоретическими интервалами, разделяющими любые границы посылок и старт-стопный переход.

Смещение старт-стопного перехода при этом условно полагается равным нулю, теоретически же интервалы определяются относительно этого нулевого перехода. Таким образом, при одинаковой скорости передачи и равной длительности моментов стробирования синхронная система передачи обладает более высокой исправляющей способностью, чем старт-стопная. Современные электронные приемные устройства имеют исправляющую способность в пределах от 40 до 48%, однако в ряде случаев этого недостаточно для обеспечения заданной достоверности передачи; дальнейшее повышение достоверности достигается применением специальных способов передачи информации. Эффективным способом повышения достоверности является метод внесения избыточности в передаваемый сигнал. Любые методы внесения избыточности в сигнал связаны с увеличением объема сигнала (увеличением мощности спектра) либо времени передачи сигнала. При проверке такого сигнала на приемке имеется возможность по ряду дополнительных его качеств отличать правильно принятый сигнал от неправильного, а в ряде случаев даже восстанавливать неправильный сигнал. Вторым эффективным способом повышения достоверности является использование на приеме специальных устройств - детекторов качества сигнала. Этот способ будет рассмотрен ниже.

В практике выполнения современных устройств передачи дискретной информации широко используется метод повышения достоверности путем применения корректирующих кодов.

Повышение достоверности путем применения корректирующих кодов

Рассмотренный выше способ увеличения информационной емкости сигнала путем использования кодовых (простых) комбинаций не обеспечивает повышение достоверности передачи информации в условиях воздействия факторов, искажающих двоичную посылку. При использовании простых кодов одна информационная комбинация отличается от другой одним размером (например, 1100 и 1001), даже искажение всего одной посылки в такой кодовой комбинации вызывает потерю передаваемой информации и прием ошибочной (несуществующей) информации. Для обеспечения повышенной достоверности передачи информации в условиях помех используются специальные корректирующие коды.

В корректирующих кодах комбинации, несущие информацию, отличаются друг от друга не менее чем двумя элементами. Все количество возможных комбинаций корректирующего кода подразделено на две группы - комбинации разрешенные, т.е. комбинации, несущие полезную информацию, и комбинации запрещенные. Наличие неправильного приема хотя бы одного элемента разрешенной комбинации превращает эту комбинацию в запрещенную комбинацию, которая воспринимается приемным устройством не

как информация, а как сигнал о наличии ошибки. Таким образом, корректирующие коды обеспечивают обнаружение ошибок при передаче информации, а в ряде случаев и исправление этих ошибок. В соответствии с этим можно говорить о кодах с обнажением ошибок и об исправляющих кодах.

Корректирующие коды подразделяются на равномерные и неравномерные, двоичные и многопозиционные.

Неравномерные коды характеризуются разным количеством элементов в комбинации, а многопозиционные коды - использованием для передачи информации сигналов, параметр которых может принимать более двух дискретных значений. Использование неравномерных кодов и кодов многопозиционных, как правило, значительно усложняет устройства передачи и приема информации, поэтому эти виды корректирующих кодов не нашли широкого применения.

Двоичные равномерные корректирующие коды могут быть блочными и непрерывными. Блочные коды предусматривают передачу информации отдельными комбинациями - блоками, которые кодируются и декодируются независимо друг от друга. Непрерывные коды представляют собой непрерывную последовательность разрядов (посылок), и разделение этой последовательности на отдельные блоки не предусматривается. В свою очередь, блочные коды подразделяются на неразделимые и делимые блочные коды. В неразделимом блочном коде информационные разряды появляются в одно время с проверочными разрядами, и разделить их нельзя. Примерами неразделимого блочного кода являются коды с постоянным весом, коды с проверкой на четность. Кодовая комбинация с постоянным весом всегда содержит определенное количество единиц. Так, при семизначном коде № 3, рекомендованном МККТТ для передачи телеграфной информации, в каждой комбинации имеется три единицы и четыре нуля. В приемном устройстве ошибка определяется подсчетом единиц и нулей в комбинации. Если одна из единиц превратится в нуль, то при подсчете окажутся две единицы и пять нулей, что явится сигналом ошибки. При превращении нулевой посылки в единицу будет зарегистрировано четыре единицы и три нуля, что также будет сигнализировать об ошибке. Данный код обнаруживает только ошибки, изменяющие соотношение 3/4.

В коде с проверкой на четность разрешенными кодовыми комбинациями являются комбинации, содержащие четное количество единиц. Проверка в приемном устройстве осуществляется подсчетом единиц в принятой комбинации. Если единиц окажется нечетное количество, то фиксируется ошибка. Данный код определяет наличие неправильного приема нечетного числа посылок (1, 3, 5), но не регистрирует наличие четного числа неправильно принятых посылок. Разделенными блочными кодами называются коды, в которых часть разрядов (например, n разрядов) отведена для передачи информации, а другая часть разрядов (например, k разрядов) предназначена для проверки качества приема и называется проверочными. Такие коды называются (nk) - кодами.

Среди делимых кодов различают систематические и не- систематические коды. Прежде чем перейти к рассмотрению этих кодов, рассмотрим процесс сложения, умножения и деления двоичных кодовых комбинаций по модулю 2.

Сложение по модулю 2 основано на следующих положениях:

$$1 \oplus 1 = 0; 0 \oplus 0 = 0; 0 \oplus 1 = 1; 1 \oplus 0 = 1.$$

Таким образом, сложение двух двоичных комбинаций 10110 и 10101 выполняется следующим образом:

$$\begin{array}{r} \oplus \quad 10110 \\ \quad 10101 \\ \hline 00011, \end{array}$$

т. е. сложение выполняется по разрядам с учетом указанных правил.

Умножение двух комбинаций соответствует правилу арифметического умножения, но суммирование выполняется по модулю 2. Предположим, комбинацию 10111 надо умножить на 1001, получим

$$\begin{array}{r} \times \quad 10111 \\ \quad 1001 \\ \hline 10111 \\ 00000 \\ 00000 \\ \oplus 10111 \\ \hline 10101111 \end{array}$$

Деление аналогично арифметическому делению, но вместо вычитания производится сложение по модулю 2. Предположим, что надо разделить 110101 на 101. Получим:

$$\begin{array}{r} \oplus \quad 110101 \\ \quad 101 \\ \hline 111 \\ \oplus \quad 101 \\ \hline 100 \\ \oplus \quad 101 \\ \hline 11 \end{array} \quad \begin{array}{r} 101 \\ \hline 1110 \oplus \frac{11}{101}, \end{array}$$

т. е. получим число 1110 и остаток 11/101. Непосредственно из правил сложения по модулю 2 вытекает правило: сумма по модулю 2 двух или нескольких комбинаций систематического кода является комбинацией этого же кода, т. е. зависимость между информационными и проверочными элементами в суммарной комбинации будет такой же, как и в исходных комбинациях.

Систематические коды представляют собой многоразрядные комбинации, в которых выделены позиции (разряды) для передачи информационных посылок и позиций для передачи проверочных посылок. Каждый элемент проверочной комбинации получается сложением по модулю 2 определенной комбинации информационных посылок. Простейшим представителем систематического кода является код с четным числом единиц. Кодовая комбинация этого кода имеет n разрядов, из которых $(n - 1)$ разрядов - информационные и один разряд - проверочный. Знак проверочного элемента выбирается таким же, как и знак суммы по модулю 2 всех информационных моментов.

На приеме выполняется сложение всех элементов кода по модулю 2, и по результатам сложения определяется наличие нечетного числа ошибок, т. е. пропаданий или появлений знаков. Четное количество ошибок код не определяет. Пусть имеется код с $n=4$, т. е. с $2^4=8$ информационными комбинациями и одной проверочной. Предположим, что надо передать информационную комбинацию 011. Знак проверочного разряда определится как

$$a_4 = a_1 \oplus a_2 \oplus a_3 = 1 \oplus 1 \oplus 0 = 0,$$

и кодовая комбинация будет иметь вид 0011. На приемном конце при суммировании всех элементов по модулю 2 получим 0. Предположим, что комбинация исказилась и искажение изменило три знака комбинации, т.е. она воспринята как комбинация 1101. При суммировании элементов по модулю 2 получим на приеме знак 1, что является сигналом ошибки. Если комбинация искажена на два знака, т. е. стала 1001, то при суммировании на приеме получим знак 0, что подтверждает необнаружение при данном коде четного числа ошибок. Наибольшее распространение получили систематические коды Хемминга и циклический код. Перед рассмотрением этих кодов уточним некоторые понятия.

Кодовым расстоянием между двумя кодовыми комбинациями называется число одноименных разрядов с отличными символами. Для двоичного кода кодовое расстояние численно равно сумме по модулю 2 сравниваемых комбинаций. В трехразрядном коде с разрешенными кодовыми комбинациями 101; 110; 011; 000 кодовые расстояния определяются как

$$\begin{array}{r} \oplus \quad 101 \\ \oplus \quad 110 \\ \hline 011 \end{array}; \quad \begin{array}{r} \oplus \quad 110 \\ \oplus \quad 011 \\ \hline 101 \end{array}; \quad \begin{array}{r} \oplus \quad 011 \\ \oplus \quad 000 \\ \hline 011 \end{array}; \quad \begin{array}{r} \oplus \quad 101 \\ \oplus \quad 000 \\ \hline 101 \end{array}; \quad \begin{array}{r} \oplus \quad 110 \\ \oplus \quad 000 \\ \hline 110 \end{array}$$

и будут равны 2, так как в каждом случае сравнения имеем два разряда с разными значениями символов (знаков посылок).

Если при составлении кода задано обнаружение до l ошибок или исправление до σ ошибок, то между этими величинами и кодовым расстоянием должны быть следующие зависимости:

$$\begin{aligned} d_0 &\geq \sigma + 1; \\ d_0 &\geq 2l + 1. \end{aligned}$$

Если код используется для исправления 1 ошибки и обнаружения $\sigma > 1$ ошибок, то необходимо выполнить требование

$$d_0 \geq \sigma + l + 1.$$

Помехоустойчивость любого кода характеризуется коэффициентом обнаружения или исправления ошибок

$$m_0 = \frac{A_0}{A_0 + B_0},$$

где A_0 - количество комбинаций, в которых ошибка обнаруживается или исправляется; B_0 - количество комбинаций, в которых ошибка не обнаруживается и не исправляется.

Избыточность кода определяется формулой

$$W = \frac{r}{n} = 1 - \frac{\log_2 M}{\log_2 N},$$

где n - число разрядов кода; r - число проверочных разрядов в каждой кодовой комбинации; M - число разрешенных комбинаций; N - число неразрешенных комбинаций.

Для (n, k) -кода число комбинаций равно 2^n , а число разрешенных комбинаций определяется формулой

$$M = 2^k = 2^{n-r}.$$

Кодом Хемминга называется систематический блочный разделимый (n, k) -код, в котором проверочные разряды представляют собой линейные комбинации информационных разрядов, т. е. значения проверочных разрядов меняются в зависимости от передаваемой комбинации информационных посылок. Различают код Хемминга с кодовым расстоянием $d_0=3$, исправляющий любые одиночные ошибки, и код Хемминга с $d_0=4$, исправляющий любые одиночные ошибки и обнаруживающий все двойные ошибки.

При приеме кода Хемминга осуществляется проверка правильности передачи, и при появлении ошибки определяется номер неправильно принятого разряда и осуществляется исправление ошибки. Рассмотрим процесс образования проверочных комбинаций при передаче и процесс выявления номера неправильно принятого разряда на приеме применительно к коду с $d_0=3$ и пятиразрядной информационной комбинации.

В соответствии с формулой

$$2^r = 2^{n-k} \geq n - 1$$

для $k=5$ число элементов кода $n=9$, число разрядов проверочной комбинации равно $n - k = 9 - 5 = 4$. В табл. даны номера разрядов рассматриваемого кода в двоичном написании. Из таблицы видно, что в комбинациях, в составе которых имеется только одна единица, она соответствует номерам разрядов 1, 2, 4 и 8. Эти разряды целесообразно использовать для образования проверочной комбинации. Таким образом, разряды P1, P2, P4, P8 - проверочные, а разряды P3, P5, P6, P7, P9 - информационные.

Номер разряда кодовой комбинации	Запись номера разряда в двоичной комбинации при $n=4$			
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1

Рассмотрим весь процесс передачи информации. Предположим, что полезная информация соответствует комбинации 01101. В информационных разрядах она запишется в виде

P_9	P_7	P_6	P_5	P_3
0	1	1	0	1

Проверочная комбинация формируется из информационной путем определения значимости каждого ее разряда в соответствии с формулами

$$\begin{aligned}
 P_1 &= P_3 \oplus P_5 \oplus P_7 \oplus P_9; \\
 P_2 &= P_3 \oplus P_6 \oplus P_7; \\
 P_4 &= P_5 \oplus P_6 \oplus P_7; \\
 P_8 &= P_9.
 \end{aligned}$$

В нашем случае

$$\begin{aligned}
 P_1 &= 1 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 0 = 0; \\
 P_2 &= 1 \oplus 1 \oplus 1 = 1; \\
 P_4 &= 0 \oplus 1 \oplus 1 = 0; \\
 P_8 &= 0,
 \end{aligned}$$

т. е. проверочная комбинация запишется как

P_8	P_4	P_2	P_1
0	0	1	0

Таким образом, общая кодовая комбинация, содержащая информацию (в разрядах P_3, P_5, P_6, P_7, P_9) и проверочную комбинацию (в разрядах P_1, P_2, P_4, P_8), будет иметь вид:

P_9	P_8	P_7	P_6	P_5	P_4	P_3	P_2	P_1
0	0	1	1	0	0	1	1	0

Предположим, что при приеме неправильно принят знак P_5 , т.е. воспринята комбинация

P_9	P_8	P_7	P_6	P_5	P_4	P_3	P_2	P_1
0	0	1	1	1	0	1	1	0

Для выявления ошибки на приеме производится четырехкратная проверка кодовой комбинации путем суммирования по модулю 2 следующих разрядов:

проверка № 1 — P_1, P_3, P_5, P_7, P_9 ;

проверка № 2 — P_2, P_3, P_6, P_7 ;

проверка № 3 — P_4, P_5, P_6, P_7 ;

проверка № 4 — P_8, P_9 .

В нашем случае получим:

проверка № 1 — $0 \oplus 1 \oplus 1 \oplus 1 \oplus 0 = 1$;

проверка № 2 — $1 \oplus 1 \oplus 1 \oplus 1 = 0$;

проверка № 3 — $0 \oplus 1 \oplus 1 \oplus 1 = 1$;

проверка № 4 — $0 \oplus 0 = 0$,

что соответствует комбинации 0101, которая, как видно из табл., соответствует 5, т.е. номеру неправильно принятого разряда. Определив номер неправильно принятого разряда, легко восстановить (исправить) комбинацию, изменив знак указанного разряда на обратный. Таким образом, при появлении единичной ошибки будет обнаружено не только это появление, но и номер разряда, в котором произошла ошибка. Если кодовая комбинация принята правильно, то процесс проверки даст следующие значения:

проверка № 1 — $0 \oplus 1 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 0 = 0$;

проверка № 2 — $1 \oplus 1 \oplus 1 \oplus 1 = 0$;

проверка № 3 — $0 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 1 = 0$;

проверка № 4 — $0 \oplus 0 = 0$.

Отсутствие в результатах проверки единиц является признаком правильного приема кодовой комбинации.

Циклические системы передачи информации и системы с обратной связью

Все известные методы повышения достоверности передачи дискретной информации нашли свое отражение в системах передачи без обратной связи и с обратной связью. Системы передачи без обратной связи используют симплексный канал связи и подразделяются на системы передачи простым кодом, системы с кодом, исправляющим ошибки, и системы с повторением передачи информации.

Для реализации систем с обратной связью требуется дуплексный канал связи (обратный и прямой). Они подразделяются на системы с обратной информационной связью и с решающей обратной связью.

Системы с повторением передачи информации. Достоверность в системах с повторением передачи информации простым кодом достигается многократной передачей кодовой комбинации и сравнением на приемном конце принятых комбинаций по критерию большинства, т.е. восприятию той

комбинации, которая соответствует наибольшему числу совпадений принятых комбинаций. При другой схеме построения приемного устройства производится поэлементное сравнение принятых комбинаций, на основе которого принимается решение выбора безошибочной комбинации.

В случае сравнения комбинаций вероятность ошибочного приема при трехкратном повторении определяется выражением

$$P_{\text{ош.п}} \approx 3n^2 p^2,$$

а при пятикратном повторении

$$P_{\text{ош.п}} \approx 10n^3 p^3.$$

В случае поэлементной проверки и трехкратной передачи

$$P_{\text{ош.с}} = 3np^2,$$

при пятикратном повторении

$$P_{\text{ош.с}} = 10np^3.$$

Таким образом, системы с повторением и поэлементным сравнением обеспечивают значительно меньшую вероятность ошибки, чем системы с проверкой по комбинациям.

Данные соотношения соответствуют случаю, когда в канале связи имеют место одиночные (случайные) искажения, не зависящие друг от друга. При наличии пакетов ошибок вероятность появления ошибочно принятых комбинаций резко возрастает, так как пакет ошибок может исказить две и более соседних комбинаций. Для повышения достоверности в этих условиях необходимо использовать большие длины кодовых комбинаций или увеличивать число повторений.

Недостатком систем с повторением является также значительное снижение скорости передачи информации. Рациональной разновидностью системы передачи информации с повторением можно считать систему передачи по параллельным каналам связи.

Поскольку ошибки, возникающие в разных каналах связи, являются независимыми, достоверность передачи у подобных систем значительно выше, чем у систем с последовательным повторением. Время задержки информации у систем с параллельной передачей и у систем передачи простым кодом без повторения одинаково. Преимуществом систем с параллельной передачей является их повышенная надежность в условиях повреждения каналов связи. Широкое распространение получили системы параллельной передачи с использованием кодов, обнаруживающих ошибки. В этом случае для передачи используются два канала связи, и при обнаружении ошибки в одном канале информация воспринимается из другого.

Вероятность ошибочного приема при такой системе параллельной передачи соответствует вероятности приема необнаруженной ошибки:

$$P_{\text{ош.пар}} = P_{\text{ош.н.}}$$

В этом отношении система с параллельной передачей эквивалентна системе передачи по одному каналу связи с кодом, обнаруживающим ошибки. Однако последняя система имеет большие потери информации, так как сигнал стирания вырабатывается при каждом обнаружении ошибки, а в системе с параллельной передачей стирание происходит только в случае появления ошибки одновременно в обоих каналах.

Системы передачи информации с обратной связью. Системы передачи без обратной связи могут обеспечивать сколь угодно высокую достоверность за счет увеличения цикла повторения, но при этом значительно снижается пропускная способность. Системы передачи с кодом, исправляющим ошибки, могут обеспечить высокую достоверность, однако при этом значительно усложняются приемные устройства. Поэтому широкое распространение получили системы с обратной связью. В этих системах обратный канал связи используется для запроса в случае приема ошибочной комбинации; по этому запросу выполняется повторение передачи. В системах с обратной связью имеет место переменная избыточность информации, вводимая в зависимости от условий приема и проявляющаяся в частоте запросов и повторений. Избыточность максимальна при увеличении искажений в канале связи и минимальна при отсутствии этих искажений. Системы с обратной информационной связью и с обратной решающей связью отличаются тем, что в первых системах решение о повторной передаче принимает передающее устройство на основе сравнения переданной комбинации с комбинацией, полученной от приемного устройства по обратному каналу связи, а в системах с решающей обратной связью решение о повторной передаче комбинации принимает приемное устройство, которое по обратному каналу связи выдает передающему устройству команду о повторной передаче комбинации.

Рассмотрим особенности работы системы передачи с информационной обратной связью. Передающее устройство, передавая информацию, в то же время фиксирует информационную комбинацию в накопительном блоке. Приемное устройство, приняв информационную комбинацию, не передает ее сразу на выходные блоки, а фиксирует в своем накопительном блоке и, оценив ее, передает по обратному каналу связи информацию о принятой комбинации передающему устройству. Образование обратного информационного сигнала - квитанции о принятии комбинации - может быть выполнено различным способом.

При «полной» информационной обратной связи каждой комбинации соответствует своя комбинация - квитанция; если квитанций меньше, чем кодовых комбинаций, то информационная обратная связь называется укороченной. Большое распространение получили системы, в которых квитанция является полным повторением принятой приемником кодовой комбинации; такая связь часто называется ретрансляционной обратной связью и является полной информационной обратной связью. Существуют системы, в которых корректирующие коды использованы таким образом, что по прямому каналу передается информационная часть корректирующего кода (k разрядов), а по обратному каналу передается квитанция в виде проверочной части

корректирующего кода (r разрядов). Поскольку обычно $k > r$, такие системы относятся к системам с укороченной информационной обратной связью.

В любом случае передающее устройство, получив по обратному каналу связи квитанцию и сравнив ее с комбинацией в накопительном блоке, определяет, правильно или неправильно воспринята приемным устройством кодовая комбинация. Если квитанция не соответствует переданной кодовой комбинации, то это расценивается как ошибочный прием и с передающего устройства по прямому каналу связи передается команда «стирания», а затем повторно передается кодовая комбинация из накопительного блока. Приемное устройство, приняв команду «стирания», разрушает ранее принятую комбинацию и воспринимает повторно переданную комбинацию. Далее приемное устройство вновь выдает по обратному каналу связи квитанцию о принятой кодовой комбинации. Если прием был выполнен без ошибки, передающее устройство передает следующую кодовую комбинацию, а приемное устройство выдает в выходной блок предыдущую кодовую комбинацию.

Анализ систем с информационной обратной связью показывает:

в системах с полной информационной обратной связью все ошибки, вызванные искажениями в прямом канале связи, обнаруживаются и устраняются:

в системах с укороченной информационной обратной связью (когда квитанция одного вида соответствует двум или более кодовым комбинациям) искажения в прямом канале связи, которые вызывают переход данной кодовой комбинации в кодовую комбинацию, имеющую одинаковую с первой квитанцию, не могут быть обнаружены;

ошибки на приеме проявляются в том случае, если они возникают как в прямом, так и в обратном каналах связи (соответственно при передаче кодовой комбинации и квитанции). В этом случае система с полной информационной обратной связью работает лучше, чем система с укороченной обратной связью;

искажения комбинации команды «стирания» могут способствовать приему ошибочных комбинаций.

Следует сделать вывод, что для получения системы высокой достоверности с информационной обратной связью необходимо применять «полную» информационную обратную связь и обеспечить высокую надежность передачи сигнала «стирания».

Системы с решающей обратной связью основаны на том, что анализ правильности принятой кодовой комбинации выполняется в приемном устройстве, и если обнаруживается наличие ошибки, выполняется «запрос» передающего устройства по каналу обратной связи. Передающее устройство, получив «запрос», повторяет передачу кодовой комбинации. Существует много вариантов систем с решающей обратной связью (РОС), различающихся по тем или другим признакам. Система РОС с ожиданием работает следующим образом: передающее устройство по прямому каналу связи передает кодовую комбинацию, закодированную корректирующим кодом, и «ожидает» результат передачи этой комбинации. Если по обратному каналу связи от приемника поступит сигнал «запрос», то передающее устройство повторит передачу

указанной комбинации, а если по обратному каналу связи придет сигнал подтверждения правильного приема, передающее устройство передаст по прямому каналу связи следующую кодовую комбинацию. Время передачи одной кодовой комбинации определяется формулой

$$T = t_{\text{комб}} + t_p + t_{\text{о.с.}}$$

где $t_{\text{комб}}$ - длительность передачи комбинации; t_p - время распространения сигнала по каналу связи; $t_{\text{о.с.}}$ - длительность обратного сигнала.

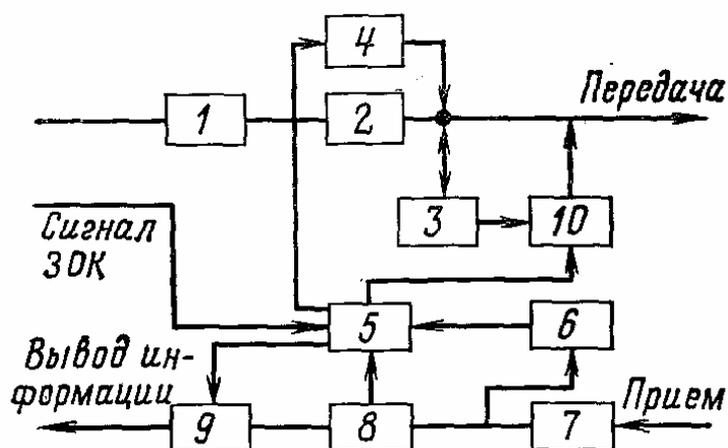
При наличии искажений общее время передачи комбинации будет равно NT , где N - количество повторений.

Системы с ожиданием имеют наименьшую скорость передачи по сравнению с более сложными системами РОС, однако разность скоростей значительно сокращается при увеличении длительности кодовой комбинации, т. е. когда $t_{\text{комб}} \gg t_p + t_{\text{о.с.}}$. Большое распространение получили системы РОС с блокировкой. В этих системах как по прямому, так и по обратному каналам связи передаются и информация, и приемные сигналы, поэтому передающее и приемное устройства выполнены одинаково в соответствии с функциональной схемой на рис. Имеются две станции (А и Б), и на каждой из них установлены приемопередающие устройства по рис., связанные между собой прямым и обратным каналами связи. При передаче информации со станции А устройство управления 5 вырабатывает сигнал запроса очередной комбинации (ЗОК), под действием которого на повышенной скорости информационные комбинации поступают от источника информации на входной накопитель 1, а через него на кодирующее устройство 2. Комбинации кодируются корректирующим кодом и передаются по прямому каналу связи на станцию Б и одновременно записываются в буферном накопителе устройства станции А.

Емкость буферного накопителя M измеряется количеством запоминаемых кодовых комбинаций и должна быть такой, чтобы обеспечить повторение передачи комбинации в случае ее искажения в канале связи.

Необходимо, чтобы

$$M > 2 + \frac{2t_p^2}{t_{\text{комб}}} \approx 3 + \frac{2t_p}{t_{\text{комб}}}$$



В устройстве на станции Б переданные информационные разряды накапливаются в приемном накопителе 9. Если декодирующее устройство 8 не обнаружило ошибки, то информационные разряды из приемного накопителя с высокой скоростью передаются приемнику информации. Если декодирующее устройство 8 обнаружило ошибку, то от него к управляющему устройству 5 подается сигнал наличия ошибки, после чего управляющее устройство на станции Б: стирает информацию, накопленную в приемном накопителе 9; блокирует вход приемника, воздействуя на блокиратор 7.

Время блокировки равно времени передачи М комбинаций; блокировка снимается к моменту поступления на вход приемника элементов повторной кодовой комбинации; прекращает передачу сигналов ЗОК; подключает датчик комбинации «запрос» и по каналу связи передает на станцию А комбинацию запроса; вслед за ней передается информация, накопленная в буферном накопителе 3 станции Б, начиная с комбинации номер W - N и кончая комбинацией с номером W (при передаче которой была обнаружена ошибка). Комбинация запроса принимается устройством станции А и декодируется детектором служебных сигналов 6. Команда с детектора служебных сигналов подается на устройство управления 5, которое прекращает передачу и блокирует приемник на время Тел. Затем со стороны станции А от датчика 4 посылается комбинация запроса на станцию Б и вслед за ней передаются повторно комбинации, накопленные в буферном накопителе 3, через выходной узел 10. Время блокировки приемника выбирается из условия $T_{\text{бл}}=M$.

Во время повторной передачи со станции А на станцию Б прием начинается с той комбинацией, в которой была обнаружена ошибка. В свою очередь, на станции А не принимаются те комбинации, переданные с буферного накопителя станции Б, которые предшествовали моменту приема ошибочной комбинации; прием начинается только с комбинации подтверждения приема исправленной комбинации. Таким образом, после запроса последовательность приема на станциях А и Б не нарушается.

Рассмотренная система с РОС характеризуется тем, что информация в виде кодовых посылок передается по обоим каналам. Известны системы, в которых информация передается только по прямому каналу, а по обратному каналу передается сигнал, одна полярность которого соответствует сигналу подтверждения правильности приема, а изменение полярности служит сигналом появления ошибки. Работа таких систем в общих чертах аналогична рассмотренной ранее.

При выборе способа повышения достоверности передачи необходимо располагать данными о заданной достоверности, характере помех в канале, возможности организации обратного канала связи. При отсутствии обратного канала повышение достоверности достигается применением либо кодов с исправлением ошибок, либо метода повторной (или параллельной) передачи информации. Выбор типа кода и количества повторений передачи определяется характером и распределением ошибок в канале связи. Если в канале связи наблюдаются одиночные независимые ошибки (случайные искажения), то

целесообразно использовать трехкратное повторение передачи, или, например, код Хемминга, исправляющий одиночные ошибки.

Для кода Хемминга при $k=5$ и $n=9$ вероятность неправильного приема определится выражением

$$P_{\text{ош.к}} = C_n^k P_{\text{ош}}^k = 36P_{\text{ош}}^2,$$

в то время как при повторной передаче комбинации с $k=5$ $P_{\text{ош.к}}=75P_{\text{ош}}^2$. Сравнение этих величин показывает, что применение исправляющего кода в данном случае даст больший эффект, чем применение повторной передачи, однако устройства с повторной передачей конструктивно более просты, чем устройства с исправляющим кодом. Пропускная способность канала связи при трехкратном повторении определяется по формуле, бит/с,

$$C_{\text{повт}} = \frac{B}{S} = 0,333B,$$

где S - число повторений; B - скорость передачи.

При использовании исправляющего кода

$$C_{\text{испр}} = \frac{k}{n} B = \frac{5}{9} B = 0,555B.$$

Таким образом, и с этой точки зрения использование исправляющего кода более эффективно. В системах с обратной связью используются также коды, обнаруживающие (но не исправляющие) ошибку, которые имеют меньшую избыточность, чем исправляющие коды. Следствием этого является возможность повышения пропускной способности канала (при определенном характере искажений) и упрощения устройств.

При наличии обратного канала связи целесообразно применять системы с обратной связью.

Тема 3. Системы телемеханики по линиям электропередачи (4 часа).

Общие сведения о каналах телемеханики по линиям электропередачи (ЛЭП). Функциональная схема канала связи по ЛЭП. Элементы высокочастотной обработки и присоединения к ЛЭП. Высокочастотные заградители, их типы, конструкции, схемы, технические данные. Конденсаторы связи, их типы, конструкции и технические данные. Общие сведения о фильтрах присоединения. Высокочастотные и низкочастотные каналы телемеханики.

Общие сведения о каналах телемеханики по линиям электропередачи

Использование линий электропередачи для передачи телемеханической информации обусловлено:

а) экономическими преимуществами, заключающимися в том, что для организации систем телемеханики не требуется сооружения специальных линий связи. Для передачи сигналов используются те же линейные сооружения, которые предназначены для передачи электроэнергии;

- б) высокой механической надежностью линейных сооружений линий электропередачи, наличием постоянного контроля за состоянием ВЛ, высокой оперативностью в деле устранения повреждений;
- в) совпадением схем энергетических связей объектов со схемами построения информационных связей, необходимых для диспетчерского управления этими объектами.

Основными факторами, усложняющими передачу информации по проводам ВЛ, являются высокий уровень линейных помех и нестабильность параметров линейных трактов, обусловленная эксплуатационными переключениями силового оборудования, входящего в схемы линейных трактов.

В зависимости от диапазона частот, используемого для передачи сигналов телемеханики, каналы связи по ВЛ разделяют на высокочастотные каналы, использующие частоты 30—1000 кГц, среднечастотные с рабочими частотами 5—30 кГц и низкочастотные. Низкочастотные каналы тональной частоты имеют рабочие частоты 0,2—5 кГц, а каналы подтональных частот — 5—47 и 75—200 Гц.

Высокочастотные каналы связи используются в распределительных сетях 35—220 кВ и на линиях высшего класса напряжения. Среднечастотные каналы связи могут быть использованы в распределительных сетях 10—35 кВ и при передаче информации по проводам изолированных грозозащитных тросов. Тональные и подтональные частоты нашли широкое применение как в отечественной, так и в зарубежной практике передачи телемеханической информации по фазным проводам линий электропередачи 0,4—10 кВ. Актуальной задачей современной энергетики является надежное обеспечение энергией потребителей сельскохозяйственного назначения, питающихся от распределительных сетей 6—10 кВ. Данная задача решается путем комплексной автоматизации и телемеханики этих сетей. Комплексная автоматизация предусматривает оснащение этих сетей новой распределительно-коммутационной аппаратурой, устройствами релейной защиты, автоматикой определения мест повреждений ВЛ, системами телесигнализации, телеизмерения и телеуправления. В указанных условиях использование ВЛ 10 кВ для осуществления систем телемеханики на тональных и подтональных частотах приобретает особо важное значение. Следует отметить, что этот способ передачи телеинформации в сетях 10 кВ является наиболее перспективным, поскольку в этих сетях, имеющих сложную конфигурацию ВЛ с ответвлениями, применение традиционных каналов высокочастотной связи по ВЛ практически исключается из-за наличия волновых процессов отражения высокочастотных сигналов.

При организации систем телемеханики по ВЛ следует учитывать технические возможности и экономические показатели различных каналов телемеханики. Высокочастотные каналы телемеханики, выполненные по радиальным схемам, должны использоваться для связи ЦДП энергосистем с ПЭС, электростанциями и выделенными объектами управления. Для связи ПЭС с РЭС и выделенными объектами управления используются радиальные

высокочастотные каналы и высокочастотные кустовые каналы телемеханики. Радиальные каналы телемеханики используют на тех направлениях, где имеется большой поток информации или информация, которая должна поступать на ДП ПЭС непрерывно. Применение кустовых высокочастотных каналов телемеханики, обеспечивающих связь ДП ПЭС с несколькими объектами при использовании одного дуплексного канала, обеспечивает экономию спектра частот уплотнения ВЛ и максимальную унификацию оборудования связи и телемеханики.

На уровне связи РЭС с опорными подстанциями 35 и 110 кВ целесообразно использовать кустовые высокочастотные каналы телемеханики. В сетях 0,4—10 кВ должны использоваться каналы, выполненные на тональных и подтональных частотах с передачей телеинформации из сети 0,4—10 кВ на опорную питающую подстанцию. Полученная на ОП информация должна ретранслироваться на РЭС (или ПЭС) по соответствующим высокочастотным каналам.

Высокочастотные каналы телемеханики

Высокочастотный (ВЧ) канал телемеханики по ВЛ является сложной технической системой, включающей в себя ЛВТ по проводам ВЛ, специальную аппаратуру передачи информации по ВЛ, модемы телемеханики. Каждый из этих элементов имеет свои показатели качества работы, свои специфические особенности, которые должны учитываться при проектировании, наладке и эксплуатации ВЧ каналов телемеханики по ВЛ. Целесообразно рассмотреть особенности элементов, составляющих этот канал.

А. Линейный высокочастотный тракт

Высокочастотные каналы по ВЛ в зависимости от схемы ЛВТ разделяются на простые и сложные. Сложными каналами называются каналы, в схему ЛВТ которых входят ВЛ с ответвлениями или несколько ВЛ, разделенных промежуточными подстанциями.

Функциональная схема сложного канала связи приведена на рис.. Линейный тракт этой системы связи содержит промежуточную подстанцию 2, на которой выполнена схема ВЧ обхода, обеспечивающая прохождение ВЧ сигнала с ВЛ1 на ВЛ2 и в обратном направлении.

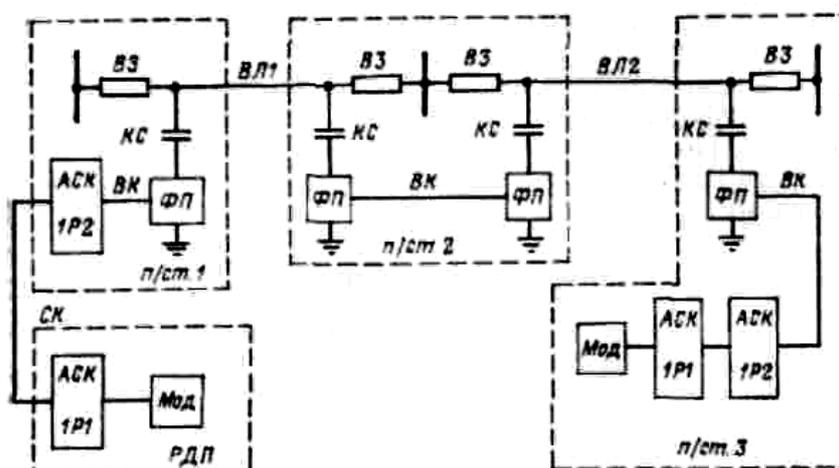


Рис. Функциональная схема сложного канала связи по ВЛ

В общем случае линейным высокочастотным трактом называется совокупность устройств, расположенных между ВЧ входными зажимами двух оконечных полуккомплектов аппаратуры уплотнения, предназначенной для передачи ВЧ сигнала. В состав ЛВТ входят ВЧ кабели *ВК*, фильтры присоединения *ФП*, конденсаторы связи *КС*, ВЧ заградители *ВЗ*, провода линий электропередачи *ВЛ1* и *ВЛ2*, силовое оборудование подстанций *1—3*.

Качество ЛВТ в отношении передачи ВЧ сигналов определяется величиной и характером частотной характеристики затухания, стабильностью частотной характеристики затухания, уровнем и характером линейных помех в полосе рабочих частот канала. Чем меньше неравномерность частотной характеристики ЛВТ и чем более стабильна эта характеристика во времени, тем более устойчиво будет работать канал передачи информации. Появление неравномерности частотной характеристики обусловлено рядом факторов: неравномерностью затухания ВЛ, неравномерностью частотной характеристики добавочного затухания, вносимого ВЧ обходами, частотной неравномерностью дополнительного затухания $Da_{от}$, обусловленного появлением в ЛВТ многократно отраженных волн от точек (узлов) несогласования входных сопротивлений (точек неоднородности). Последний фактор в большинстве случаев организации ВЧ каналов по ВЛ играет решающую роль.

В процессе эксплуатации ВЛ производятся коммутации силового оборудования на подстанциях, отключения ВЛ, по которым организован ЛВТ, заземление проводов ВЛ после отключения. При этом меняется нагрузка нерабочих фаз ВЛ, по которой организован ЛВТ, а следовательно, меняется и коэффициент отражения от концов линии. Последнее изменяет степень влияния многократно отраженных волн на частотную характеристику затухания. Нестабильность частотной характеристики затухания ЛВТ обуславливается не только наличием отраженных волн, но и влиянием окружающей среды, а также изменением конечных затуханий и затуханий перехода ВЧ обходов. Наличие такой нестабильности является специфической особенностью ВЧ систем связи по ВЛ, при использовании схем подключения фаза — земля, с которой приходится считаться при организации ВЧ каналов передачи информации по ВЛ. Одним из основных показателей, характеризующих качество канала связи для передачи сигналов телемеханики или другой информации, является его амплитудно-фазовая характеристика.

Частотная характеристика остаточного затухания ВЧ канала по ВЛ определяется частотными характеристиками затухания не только трактов передачи и приема аппаратуры уплотнения, но и ЛВТ.

Ранее указывалось, что при коммутациях силового оборудования частотная характеристика затухания ЛВТ меняется, следовательно, при этом в системах связи по ВЛ будут наблюдаться изменения частотной характеристики остаточного затухания каналов.

На рис.а представлен спектр частот телефонного канала ТФ и группового канала телемеханики *ТМ*, который передается по каналу связи.

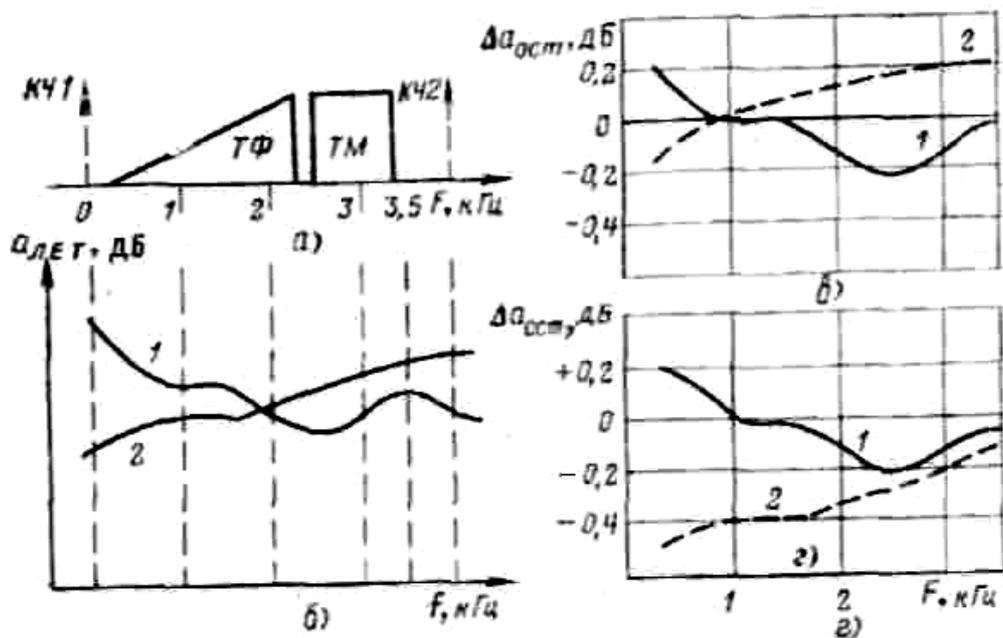


Рис. Влияние коммутации силового оборудования на частотную характеристику канала связи по ВЛ

Пунктиром показаны два варианта ($KЧ1$ и $KЧ2$) расположения сигнала контрольной частоты системы связи относительно передаваемого спектра частот. На рис. б приведены частотные характеристики ЛВТ до (кривая 1) и после (кривая 2) выполнения коммутации силового оборудования. На рис. в показаны частотные характеристики остаточного затухания канала связи, соответствующие первому (кривая 1) и второму (кривая 2) состоянию ЛВТ при условии, что сигнал контрольной частоты расположен в начале спектра телефонного канала $KЧ1$. На рис. г представлены те же частотные характеристики остаточного затухания для случая, когда сигнал контрольной частоты $KЧ2$ расположен вблизи спектра частот группового канала телемеханики. Анализ приведенных характеристик показывает, что: а) при коммутации силового оборудования подстанций в каналах связи по ВЛ наблюдаются значительные изменения частотных характеристик остаточного затухания; б) изменения остаточного затухания происходят мгновенно; в) характер изменения частотных характеристик остаточного затухания в спектре частот передачи зависит от места расположения сигнала контрольной частоты относительно спектра частот рабочих сигналов; г) групповой тракт телемеханики будет обладать тем большей стабильностью остаточного затухания, чем ближе спектр его рабочих частот к сигналу контрольной частоты.

Все изложенное соответствует случаю выполнения системы связи на однополосной аппаратуре уплотнения, где остаточное затухание зависит от уровня сигнала контрольной частоты, а характер частотной характеристики — от соотношения уровней сигналов контрольной частоты и данной частотной составляющей рабочего спектра частот. В системах связи АМ — ДБП и ЧМ эти явления также имеют место, но зависимости изменения остаточного затухания от изменения частотной характеристики ЛВТ более сложны. При наладке

ВЧ систем связи по ВЛ большое внимание уделяется корректировке частотных характеристик остаточного затухания. Эта корректировка осуществляется включением корректирующих контуров в цепи обратной отрицательной связи усилителей или в другие участки схемы трактов передачи и приема. Следует помнить, что использование указанных контуров выравнивает частотную характеристику остаточного затухания, но вносит искажения в фазовую характеристику канала связи, что ухудшает условия передачи сигналов телемеханики и других видов информации по этим каналам на высоких скоростях.

Для нормальной работы канала телемеханики нестабильность затухания ВЧ тракта (Δa) в полосе рабочих частот, используемой для передачи сигналов телемеханики, не должна превышать:

- ± 4 дБ при количестве каналов телемеханики до 3;
- ± 3 дБ при количестве каналов телемеханики от 4 до 7;
- ± 2 дБ при количестве каналов телемеханики больше 7.

Значение Δa определяется по формуле

$$\Delta a = a_{к.ч} - a_{ТМ},$$

где $a_{к.ч}$ — затухание ВЧ тракта на частоте контрольного сигнала;

$a_{ТМ}$ — затухание ВЧ тракта на частоте сигнала канала телемеханики.

Одним из параметров ВЧ канала телемеханики является запас по перекрываемому затуханию линейного высокочастотного тракта, представляющий разность значений максимально перекрываемого затухания передатчика ВЧ аппаратуры по сигналу канала телемеханики и затухания конкретного ЛВТ на частоте этого сигнала. Максимально перекрываемое затухание определяется по формуле

$$A_{п} = p_{пер} - p_{пр\ min} = p_{пер} - p_{ном} - 10 \lg \Delta f - p_{с/п},$$

где $p_{пер}$ — уровень передачи сигнала на входе ЛВТ; $p_{ном}$ — уровень помех на выходе ЛВТ; $p_{с/п}$ — минимально допустимая разность уровней помехи и сигнала для канала телемеханики; Δf — полоса рабочих частот КТМ, кГц.

Запас по перекрываемому затуханию $A_{зап}$ ВЧ канала телемеханики должен определяться с учетом назначения конкретного канала телемеханики.

Для каналов ТС — ТИ системного значения перекрываемое затухание определяется выражением $A_{зап} = 9 + \Delta a_{гол}$ и не должно быть меньше 9 дБ;

для каналов ТУ — ТС перекрываемое затухание определяется выражением $A_{зап} = 12 + \Delta a_{гол}$ и не должно быть меньше 11 дБ;

для каналов телерегулирования и телеизмерения в системах противоаварийной автоматики перекрываемое затухание определяется выражением $A_{зап} = 13 + \Delta a_{гол}$ и не должно быть меньше 13 дБ.

В этих формулах $\Delta a_{гол}$ — прирост затухания линейного тракта из-за гололеда на расчетной частоте.

Б. Высокочастотная аппаратура

Высокочастотная аппаратура, применяемая для организации систем связи по ВЛ, отличается повышенной мощностью передатчика и большими пределами работы системы автоматического регулирования усиления приемника (АРУ). Повышение мощности передатчика до 10—80 Вт связано с трудностью получения высокой линейности тракта передачи сигналов. Наличие нелинейности в групповом мощном усилителе является основной причиной взаимного влияния между информационными каналами аппаратуры. При прохождении по такому тракту двух сигналов с частотами F_1 и F_2 наблюдается появление мешающих сигналов, частоты которых определяются выражениями

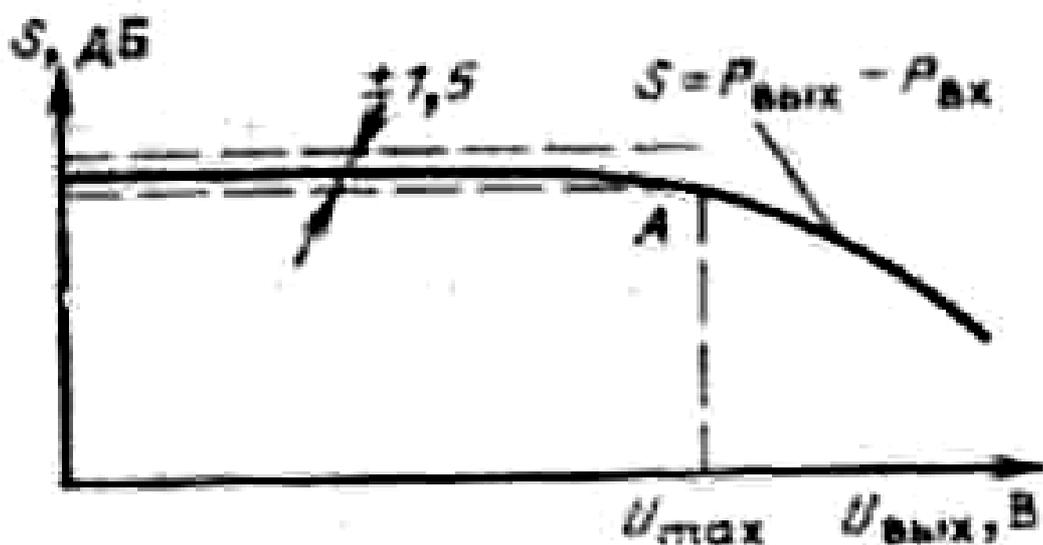
$$F_{к1} = 2F_1 \pm F_2; F_{к2} = 2F_2 \pm F_1,$$

где $F_{к1}$ и $F_{к2}$ — комбинационные частоты третьего порядка.

Сигналы комбинационных частот, попадая в спектр частот каналов телемеханики, могут вызывать значительные искажения передаваемой информации. На основании изложенного, при наладке и эксплуатации высокочастотной комбинированной и многоканальной аппаратуры особое внимание уделяют режиму работы мощных усилителей и принимают специальные меры по использованию только линейной части амплитудной характеристики этих усилителей. На рис. приведена типовая амплитудная характеристика группового тракта передачи высокочастотной аппаратуры, характер которой в основном определяется качеством мощного усилителя. Данная характеристика представлена зависимостью усиления S тракта от напряжения сигнала $U_{\text{вых}}$ на линейном выходе аппаратуры. Выходное напряжение U_{max} , соответствующее точке А, в которой амплитудная характеристика отклонилась от прямой линии на 1,5 дБ, соответствует условию отдачи передатчиком максимальной мощности

$$P_{\text{max}} = U_{\text{max}}^2 / R_{\text{н}}$$

где $R_{\text{н}}$ — нагрузка на выходе передатчика.



Для исключения взаимных влияний между каналами максимальная мощность передатчика должна быть распределена между сигналами отдельных каналов таким образом, чтобы сумма напряжений сигналов всех каналов не превышала U_{\max} . При распределении мощности передатчика учитывают полосы рабочих частот отдельных каналов и их помехозащищенность.

При организации каналов телемеханики путем уплотнения телефонного канала в полосе частот 2,4—3,4 кГц для телефонного разговора отводится полоса частот 0,3—2,4 кГц, т. е. шириной 2,1 кГц.

Каналы телемеханики на скоростях передачи 50, 100 и 200 Бод имеют соответственно рабочие полосы частот 80, 160 и 320 Гц. Напряжение сигналов указанных каналов на выходе передатчика целесообразно выразить через значение напряжения некоего эквивалентного канала с полосой рабочих частот 80 Гц.

При равной помехозащищенности двух каналов с рабочими полосами частот ΔF_1 и ΔF_2 должна существовать зависимость между сигналами U_1 и U_2 этих каналов вида

$$\frac{U_1}{U_2} = \sqrt{\frac{\Delta F_1}{\Delta F_2}}$$

На основании этого значения напряжений сигналов каналов телемеханики 50, 100 и 200 Бод определяются выражениями

$$U_{50} = U_{\text{ЭК}};$$

$$U_{100} = U_{\text{ЭК}} \sqrt{\frac{\Delta F_{100}}{\Delta F_{\text{ЭК}}}} = 1,41 U_{\text{ЭК}};$$

$$U_{200} = U_{\text{ЭК}} \sqrt{\frac{\Delta F_{200}}{\Delta F_{\text{ЭК}}}} = 2 U_{\text{ЭК}}.$$

Абсолютные уровни передачи по напряжению каждого канала

$$p_{50} = 20 \lg U_{\text{ЭК}} + 2,2;$$

$$p_{100} = 20 \lg U_{\text{ЭК}} + 5,2;$$

$$p_{200} = 20 \lg U_{\text{ЭК}} + 8,2;$$

$$p_{\text{ТФ}2,4} = 20 \lg U_{\text{ЭК}} + 21,4.$$

Нарушение соотношения уровней передачи различных информационных каналов влечет за собой появление влияний между каналами, обусловленных нелинейностью мощных усилителей аппаратуры ВЧ связи по ВЛ. Особое внимание необходимо обращать на регулировку уровней передачи телефонных каналов. В тракте передачи телефонного канала, работающего совместно с каналами телемеханики, в обязательном порядке предусматривают

ограничитель максимальных амплитуд. Наличие этого ограничителя обеспечивает ограничение уровня передачи телефонного сигнала значением $P_{ТФ2,4}$ при увеличении громкости телефонного разговора абонента телефонного канала. Порог ограничения ограничителя должен соответствовать уровню минус 2,5—0 дБ сигнала на двухпроводном входе телефонного канала. Увеличение уровня этого сигнала на 10 дБ не должно вызывать увеличения уровня сигнала на выходе передатчика более чем на 1,5—2 дБ. Приемный тракт ВЧ аппаратуры снабжен системой АРУ, обеспечивающей стабильность остаточного затухания канала в условиях изменения затухания ЛВТ. Система АРУ управляется сигналом контрольной частоты, поступающим от передатчика аппаратуры противоположного пункта. При попадании этого сигнала система АРУ переводит приемник в режим максимальной эксплуатационной чувствительности.

Максимальная эксплуатационная чувствительность ВЧ приемника аппаратуры уплотнения должна устанавливаться с учетом уровня линейных помех.

При пропадании сигнала контрольной частоты в схеме реального канала (переход приемника в режим максимальной чувствительности) уровень помех на выходе каналов телемеханики с модемом без формирователя или уровень помех на входе формирователя (в модемах с формирователем) должен быть меньше номинального уровня сигнала в той же точке не менее чем на 15 дБ. Невыполнение этого требования может привести к ложной работе приемного устройства телемеханики под воздействием линейных помех, что недопустимо. Используемые в ВЧ аппаратуре одночастотные системы АРУ, обеспечивая постоянство остаточного затухания в полосе частот, прилегающей к частоте контрольного сигнала, не могут исключить влияние меняющейся частотной характеристики ЛВТ на величину остаточного затухания каналов, рабочие частоты которых удалены от частоты контрольного сигнала. Данное положение необходимо особенно учитывать при организации каналов телемеханики с использованием многоканальной аппаратуры телефонной связи.

В многоканальной системе связи допустимое количество каналов телефонной связи, подлежащих вторичному уплотнению каналами телемеханики, регламентируются техническими условиями на конкретную каналообразующую аппаратуру.

При организации одного уплотненного канала телефонной связи рекомендуется использовать тот телефонный канал, спектр частот которого расположен рядом с контрольной частотой, управляющей системой АРУ.

Наибольшей устойчивостью обладает канал телемеханики, образованный по телефонному каналу, у которого верхняя часть линейного спектра частот расположена около частоты контрольного сигнала, управляющего работой системы АРУ.

В. Модемы телемеханики с ЧМ

В настоящее время в энергосистемах широко используются модемы телемеханики с частотной модуляцией несущего тонального сигнала. Типовые функциональные схемы передатчика и приемника современного модема, предназначенного для передачи дискретных сигналов, приведены на рис.

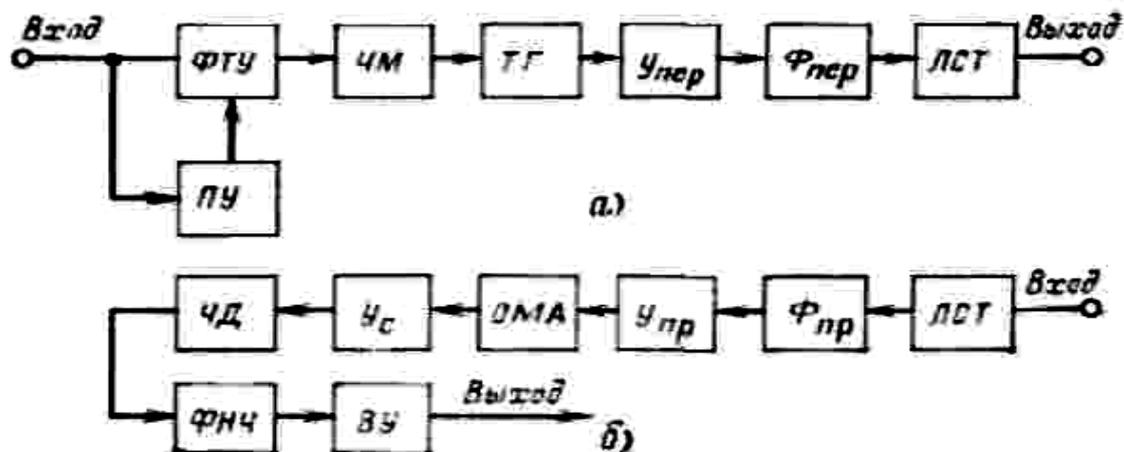


Рис. Функциональные схемы: а – модема передачи; б – модема приема

Рассмотрим особенности работы модема передачи. При отсутствии первичного сигнала на входе МП пороговое устройство ПУ, воздействуя через формирующее триггерное устройство ФТУ на частотный модулятор ЧМ, обеспечивает формирование сигнала характерной частоты f_A . Этот сигнал с выхода тонального генератора ТГ поступает в канал связи через усилитель передачи $U_{пер}$, полосовой фильтр передачи и линейный согласующий трансформатор ЛСТ. Если на входе МП появляется первичный сигнал, то воздействие ПУ на ФТУ прекращается, и частота сигнала на выходе МП будет определяться параметром первичного сигнала. Наличие ПУ обеспечивает защиту канала ТМ от воздействия помех со стороны линии, соединяющей МП с первичным устройством телемеханики, и передачу по каналу ТМ заданного сигнала f_A , длительное наличие которого сигнализирует об отсутствии первичного сигнала на входе МП. Формирующее триггерное устройство ФТУ обеспечивает при передаче информации формирование дискретного тонального сигнала, форма которого не зависит от формы нарастания амплитуды напряжения первичного сигнала. На рис. а приведена модуляционная характеристика МП, содержащего ФТУ. Модуляционной характеристикой МП называется зависимость отклонения частоты сигнала на его выходе от напряжения первичного сигнала на входе МП. Осциллограмма первичного сигнала на входе МП показана на рис. б. ФТУ характеризуется значениями напряжения срабатывания U_1 и U_2 , при которых происходит скачкообразное изменение частоты выходного сигнала соответственно с $(f_0 + \Delta f)$ на $(f_0 - \Delta f)$ и обратно (кривые 1 и 2). Сравнение кривых б, в показывает, что наличие ФТУ обеспечивает четкую форму формирования сигналов характеристик частот на выходе МП даже при нестабильности амплитуды первичного сигнала на входе МП. Основными требованиями, предъявляемыми к ФТУ, являются равенство и стабильность напряжений U_x и $U < i$.

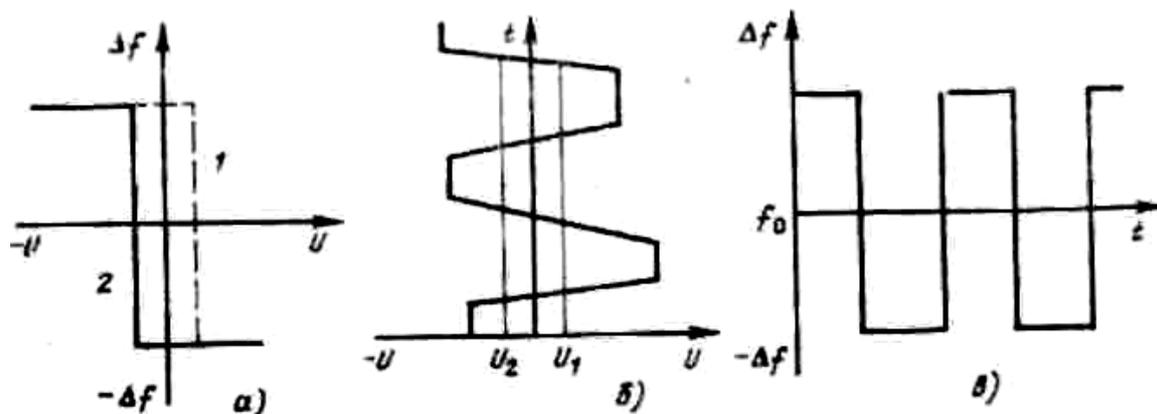


Рис. Модуляционная характеристика (а) и осциллограмма первичного сигнала на входе модема передачи (б) и форма ЧМ сигнала на входе модема (в)

Сформированный первичный сигнал с выхода ФТУ поступает на вход ЧМ, принципиальная схема которого приведена на рис. вместе со схемой тонального генератора ТГ.

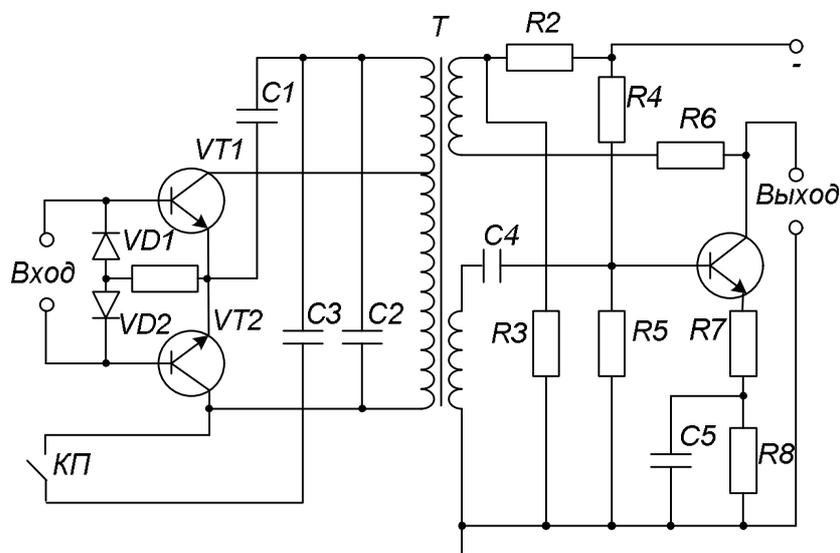


Рис. Принципиальная схема частотного модулятора и генератора тональной частоты

Частотный модулятор (манипулятор) выполнен на двух транзисторных ключах $VT1$ и $VT2$, с помощью которых производится подключение конденсатора $C1$ либо ко всей обмотке катушки индуктивности колебательного контура генератора, либо к части витков этой катушки. Тональный генератор выполнен на транзисторе $VT3$. Колебательный контур генератора состоит из первичной обмотки трансформатора T и конденсатора $C2$; две вторичные обмотки T , одна из которых включена в цепь базы, а вторая в коллекторную цепь транзистора $VT3$, обеспечивают связь колебательного контура с транзистором. Напряжение сигнала тональной частоты снимается с коллектора транзистора $VT3$. Колебательный контур генератора с помощью конденсатора $C2$ настроен на верхнюю характеристическую частоту. При воздействии на вход ЧМ сигнала отрицательной полярности транзистор $VT2$ открывается,

сопротивление перехода коллектор — эмиттер становится весьма малым и конденсатор $C1$ оказывается подключенным параллельно конденсатору $C2$.

Поскольку общая емкость колебательного контура увеличится, генератор начнет генерировать сигнал нижней характеристической частоты. Эта частота устанавливается выбором емкости конденсатора $C1$. При воздействии на вход ЧМ сигнала положительной полярности транзистор $T2$ закрывается, а транзистор $T1$, открывшись, подключает конденсатор $C1$ к части обмотки колебательного контура. Эквивалентная емкость контура уменьшается, и генератор начинает генерировать сигнал верхней характеристической частоты. Таким образом, в такт с работой ФТУ происходит изменение частоты тонального генератора от низшей характеристической частоты F_A до высшей характеристической частоты F_Z . Ключ КП и конденсатор $C3$ служат для перевода генератора в режим генерирования сигнала средней частоты модема передачи при проведении эксплуатационных испытаний и проверок канала передачи информации.

В общем случае качество модемов определяется: значениями и стабильностью характеристических частот модема передачи; паразитной амплитудной модуляцией на выходе модема передачи; спектром и уровнем мешающих частот модема передачи; избирательностью модема приема; чувствительностью и характеристикой ограничителя максимальных амплитуд модема приема; частотной характеристикой дискриминатора модема приема; собственным уровнем помех и вносимыми модемами искажениями.

Номинальные значения характеристических частот модемов определяются по формулам:

а) для Модемов 50

$$F_A = 330 + 120 n_m;$$

$$F_Z = 270 + 120 n_m;$$

б) для Модемов 100

$$F_A = 300 + 240 n_m;$$

$$F_Z = 180 + 240 n_m;$$

в) для Модемов 200

$$F_A = 240 + 480 n_m;$$

$$F_Z = 0 + 480 n_m.$$

В этих формулах n_m — порядковый номер модема; F_A — верхняя характеристическая частота, Гц; F_Z — нижняя характеристическая частота, Гц.

Допустимое отклонение разности характеристических частот модемов передачи не должно превышать:

а) для Модемов 50 $\pm 0,2$ Гц;

б) для Модемов 100 $\pm 0,4$ Гц;

в) для модемов 200 240 ± 6 Гц.

Средняя частота модема определяется выражением

$$F_0 = \frac{F_A + F_Z}{2},$$

где F_A — верхняя характеристическая частота; F_Z — нижняя характеристическая частота.

Отклонение средней частоты модема передачи от номинального значения не должно превышать:

- а) для Модемов $50 \pm 0,2$ Гц;
- б) для Модемов $100 \pm 0,4$ Гц;
- в) для Модемов $200 \pm 0,8$ Гц.

Разность уровней передачи сигналов характеристических частот на линейном выходе модема передачи должна составлять не более 1,7 дБ для всех видов модемов.

Глубина паразитной амплитудной модуляции на выходе фильтра передачи любого модема при номинальной скорости передачи посылок не должна превышать 20%.

При качественной настройке выходного фильтра модема передачи уровень мешающего сигнала на выходе передатчика модема при передаче первичных сигналов с номинальной скоростью передачи измеряется в полосе рабочих частот соседних КТМ того же группового канала телемеханики и должен быть не менее чем на 40 дБ ниже полусуммы уровней передачи сигналов характеристических частот.

Собственные искажения передатчика модема при передаче на его вход симметричных посылок типа 1:1 должны быть не более значений, указанных в технических условиях на данный вид модема.

Если в технических условиях отсутствуют указанные данные, то максимально допустимые собственные искажения передатчика не должны превышать 2,5%.

Частотно-модулированный сигнал с выхода канала связи, пройдя согласующий трансформатор *ЛСТ*, фильтр приема и усилитель приема, поступает на ограничитель максимальных амплитуд *ОМА*.

Ограничитель обеспечивает постоянство амплитуды приемного сигнала на входе частотного детектора *ЧД* в условиях изменения напряжения сигнала на входе МПР под воздействием различных факторов.

В *ЧД* осуществляется преобразование частотно-модулированного сигнала в двухполярный сигнал постоянного тока, который через фильтр низкой части *ФНЧ* поступает на выходное устройство *ВУ*. Это устройство обеспечивает формирование первичного сигнала и передачу его на вход приемного устройства телемеханики через соответствующую соединительную линию.

Наиболее сложными и ответственными узлами МПР являются ограничитель максимальных амплитуд и частотный детектор.

Один из вариантов исполнения этих элементов показан на принципиальной схеме, приведенной на рис.

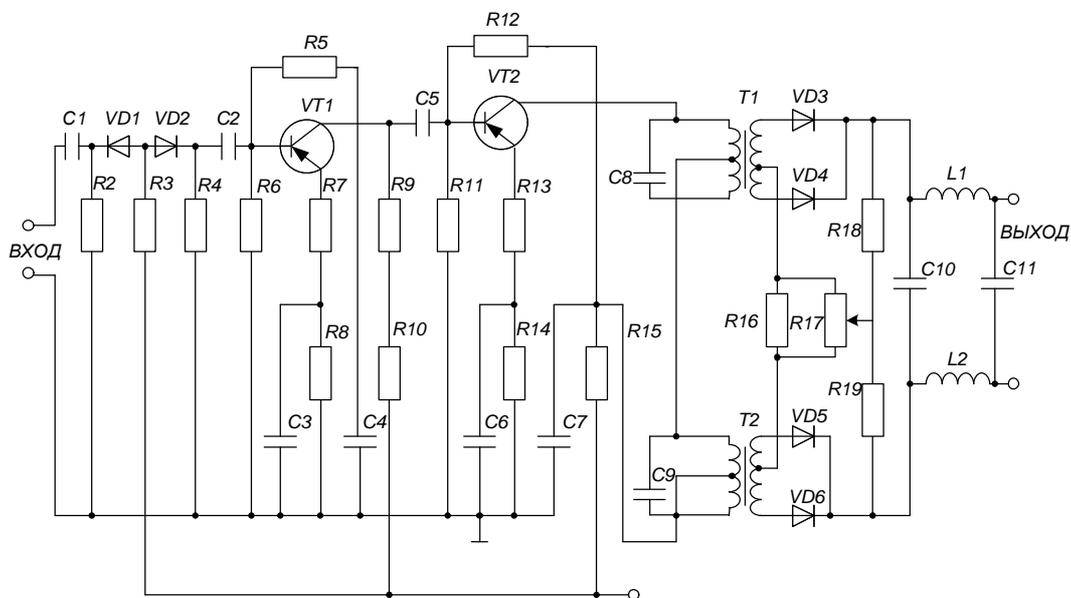


Рис. Принципиальная схема ограничителя максимальных амплитуд и частотного детектора

Ограничитель максимальных амплитуд выполнен на диодах $VD1$, $VD2$ и резисторах $R2$, $R3$ и $R4$. Порог ограничения ОМА регулируется изменением сопротивления резистора $R3$, через который на диоды $VD1$ и $VD2$ подается смещение от источника -24 В. Ограничитель максимальных амплитуд является обязательным элементом модемов приема с частотной или фазовой модуляцией, он обеспечивает поступление на вход частотного дискриминатора сигнала постоянной амплитуды даже в условиях значительного изменения уровня приемного сигнала на входе модема или наличия паразитной амплитудной модуляции приемного сигнала вследствие воздействия помех или нестационарных процессов, сопровождающих прохождение модулированного сигнала через полосовые фильтры. Наличие на входе частотного дискриминатора ЧМ колебания постоянной амплитуды позволяет получить на его выходе сигнал, амплитуда которого является функцией изменения частоты ЧМ колебания. Если на входе ЧД это колебание имеет меняющуюся амплитуду, на его выходе получаем сигнал, форма которого будет функцией изменения не только частоты, но и амплитуды ЧМ колебания (т. е. искаженный сигнал).

Частотно-модулированное колебание с выхода усилителя $VT1$, расположенного за ОМА, поступает на вход частотного дискриминатора — транзистора $VT2$ с резонансными контурами в коллекторной цепи. Резонансные контуры выполнены на трансформаторах $T1$ и $T2$, первичные обмотки которых настроены соответственно с помощью конденсаторов $C8$ и $C9$ на частоты, симметрично расположенные относительно средней частоты рабочей полосы данного модема.

Для обеспечения высокой избирательности резонансных контуров соединение их с коллекторной цепью транзистора $VT2$ осуществлено через отвод первичных обмоток трансформаторов. Вторичные обмотки трансформаторов $T1$ и $T2$ соединены со схемами амплитудных детекторов, которые выполнены соответственно на диодах $VD3$, $VD4$ и $VD5$, $VD6$. Выход

амплитудных детекторов подан на фильтр низкой частоты $\Phi НЧ$, состоящий из катушек индуктивности $L1, L2$ и конденсаторов $C10, CП$.

Качество рассматриваемого двухконтурного дискриминатора определяется линейностью его частотной характеристики, которая представляет собой зависимость напряжения сигнала постоянного тока на выходе дискриминатора от частоты тонального сигнала, поступающего на его вход при постоянном напряжении этого сигнала.

Качество частотной характеристики дискриминатора оценивается неравномерностью, дБ, определяемой по формуле

$$\Delta D = 20 \lg \frac{U_{д1}}{U_{д2}}$$

где $U_{д1}$ — напряжение на выходе дискриминатора при данном частотном отклонении и идеальной характеристике дискриминатора; $U_{д2}$ — напряжение при том же частотном отклонении и реальной частотной характеристике дискриминатора. В соответствии со сказанным ранее нелинейность частотной характеристики в рабочем диапазоне частотных отклонений должна быть не более 1,5 дБ. Таким образом, линейной частью частотной характеристики дискриминатора считается участок характеристики с нелинейностью не более 1,5 дБ. Запасом линейности дискриминатора называют разность частотного интервала линейного участка дискриминатора $\Delta F_{д}$ и максимального частотного сдвига $\Delta F_{сд}$ при передаче частотно-модулированного сигнала при условии, что обе эти величины отсчитываются от средней частоты канала:

$$З_{д} = \Delta F_{д} - \Delta F_{сд}$$

Этот запас зависит не только от конструкции модемов, но и от канала связи, который используется в данной системе телемеханики. Если канал связи работает по системе ОБП без синхронизации частот, запас дискриминатора должен составлять не менее 10 Гц при скоростях передачи до 100 Бод и 20 Гц при скоростях 200—300 Бод. Если имеется система синхронизации, то запас может быть снижен соответственно до 5 и 10 Гц.

На рис. приведены характеристики дискриминаторов идеального (прямая 1), реального при малом линейном участке (кривая 2) и реального при неправильной настройке (прямая 3).

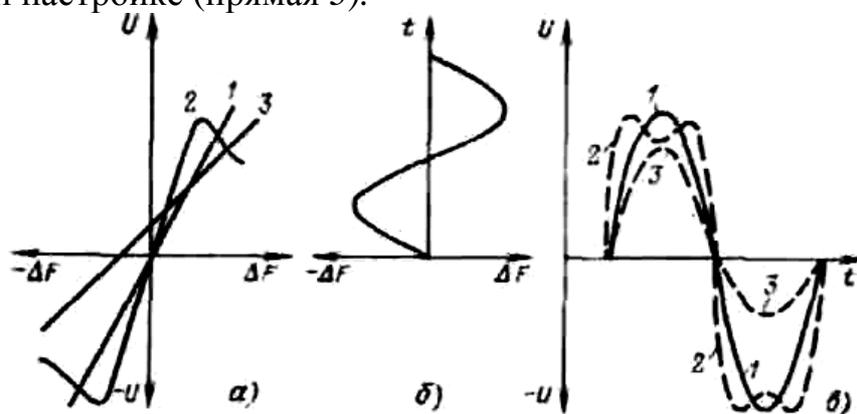


Рис. Частотные характеристики дискриминатора

При воздействии на дискриминатор частотно-модулированного колебания, частота которого изменяется в соответствии с рис.б, на выходе детектора получим сигналы, показанные на рис.в (1 — сигнал при идеальном дискриминаторе, 2—сигнал при дискриминаторе с малым линейным участком, 3 — сигнал при неправильно настроенном дискриминаторе). Из кривых видно, что неправильно настроенный дискриминатор и дискриминатор с малым линейным участком частотной характеристики обуславливают появление значительных искажений сигнала на выходе детектора модема приема. Анализ кривых на рис. показывает необходимость тщательной настройки дискриминатора, правильного выбора его линейности и определенного соотношения частотного сдвига модулированного колебания и частотной характеристики дискриминатора.

Важным параметром модема приема является чувствительность, которая численно равна уровню сигнала средней рабочей частоты на выходе модема, при котором начинается ограничение амплитуды сигнала на выходе ограничителя амплитуд ОМА. На рис. приведена амплитудная характеристика тракта приема модема, представляющая зависимость напряжения сигнала на выходе ограничителя от уровня сигнала на входе модема.

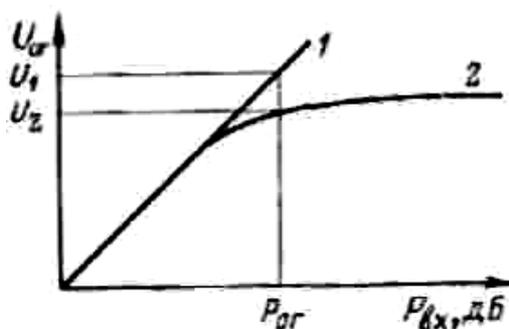


Рис. Амплитудная характеристика тракта приема модема

Чувствительность модема приема равна уровню приемного сигнала $P_{ог}$, при котором выполняется условие

$$20 \lg \frac{U_1}{U_2} = 1,5,$$

где U_1 — напряжение, которое было бы на выходе ограничителя, если бы амплитудная характеристика ограничителя была линейна (прямая 1); U_2 — напряжение на выходе ограничителя с реальной характеристикой (кривая 2).

$$P_{\min} = 10 + 20 \lg (1 - m_n),$$

где m_n — коэффициент паразитной амплитудной модуляции частотно-модулированного сигнала на входе ограничителя максимальных амплитуд.

Наличие в схеме модема приема ограничителя максимальных амплитуд обеспечивает устойчивую работу в условиях изменения затухания канала связи и защищает дискриминатор приемного устройства от воздействия амплитудных помех и паразитной амплитудной модуляции частотно модулированного сигнала.

Г. Канал телемеханики

В настоящее время в энергосистемах используются только каналы телемеханики с ЧМ, поэтому рассмотрение параметров, определяющих качество работы системы ТМ, выполнено применительно к данному виду КТМ.

Нормами на КТМ устанавливаются допустимые значения искажений передаваемых сигналов. Для ВЧ каналов по воздушным и кабельным линиям связи искажения в каналах телемеханики характеризуют качество данного канала телемеханики, так как заранее известны все возможные изменения параметров канала, которые могут влиять на искажения сигналов. Высокочастотные каналы по ВЛ отличаются друг от друга значением и частотной характеристикой затухания ВЧ тракта, соотношением уровней сигнала и помехи, зависимостью параметров от коммутации силового оборудования подстанций и степенью влияния метеорологических условий.

Поскольку все указанные факторы сказываются на передаче информации в виде изменения краевых искажений дискретных посылок, то значение искажений посылок следует принять за основу оценки качества КТМ.

На основе экспериментальных исследований можно приближенно считать, что номинальное значение краевых искажений посылок, обусловленное воздействием линейных помех коронирования, определяется выражением

$$\delta \approx 35 - k_1 \Delta p_{с/п} = 35 - 1,1 \Delta p_{с/п}$$

Коэффициент $K_1=1-1,2$ учитывает изменение краевых искажений при изменении помехозащищенности на 1 дБ. Формулу используют при ориентировочном расчете влияния гладких помех и при условии, что $\Delta p_{с/п} \geq 10$ Дб.

В реальных условиях эксплуатации КТМ приходится считаться с эксплуатационными изменениями затухания ЛВТ и изменением уровня помех на выходе фильтра модема приема ($\Delta p_{п}$), поэтому значение краевых искажений посылок в эксплуатационных условиях может достигать величины

$$\delta_s = 35 - 1,1 (\Delta p_{с/п.ном} + \Delta p_{п} + \Delta a_{л})$$

Здесь $\Delta p_{с/п.ном}$ — номинальное значение помехозащищенности в нормальном режиме работы ЛВТ.

Таким образом, для характеристики качества канала телемеханики по ВЛ необходимо знать искажения сигналов в нормальных условиях работы канала и запасы стабильности при наличии помех и изменениях остаточного затухания (приемного уровня сигнала).

Для оценки качества всей системы телемеханики необходимо ввести понятие запаса устойчивости системы телемеханики Z_y . Под запасом устойчивости системы телемеханики, %, следует понимать максимальные добавочные искажения, введение которых в данный канал не нарушит качество работы системы, заданное по достоверности передачи посылок.

Для нормального функционирования системы телемеханики по ВЛ необходимо обеспечить следующие требования.

Эксплуатационная нестабильность остаточного затухания канала должна отвечать условиям:

а) плавное изменение остаточного затухания не превышает +2 дБ;

б) мгновенное изменение остаточного затухания не превышает ± 4 дБ при количестве каналов телемеханики до 3, ± 3 дБ при количестве каналов телемеханики от 4 до 7, ± 2 дБ при количестве каналов больше 7;

в) мгновенные изменения остаточного затухания на ± 5 дБ допускаются не чаще 2 раз за 24 ч.

Запас устойчивости системы телемеханики должен быть не менее 15%:

Разность уровней полезного сигнала и селективной помехи, совпадающей по частоте с рабочей полосой частот КТМ, должна быть не менее 23 дБ.

Низкочастотные каналы телемеханики

В электрических распределительных сетях 0,4—10 кВ в отечественной и зарубежной практике широко используются каналы телемеханики, рабочие частоты которых лежат в диапазоне от нескольких до 5—6 кГц.

На рис. приведены упрощенные функциональные схемы подключения низкочастотных модемов телемеханики к проводам трехфазных модемов телемеханики и проводам трехфазных линий электропередачи.

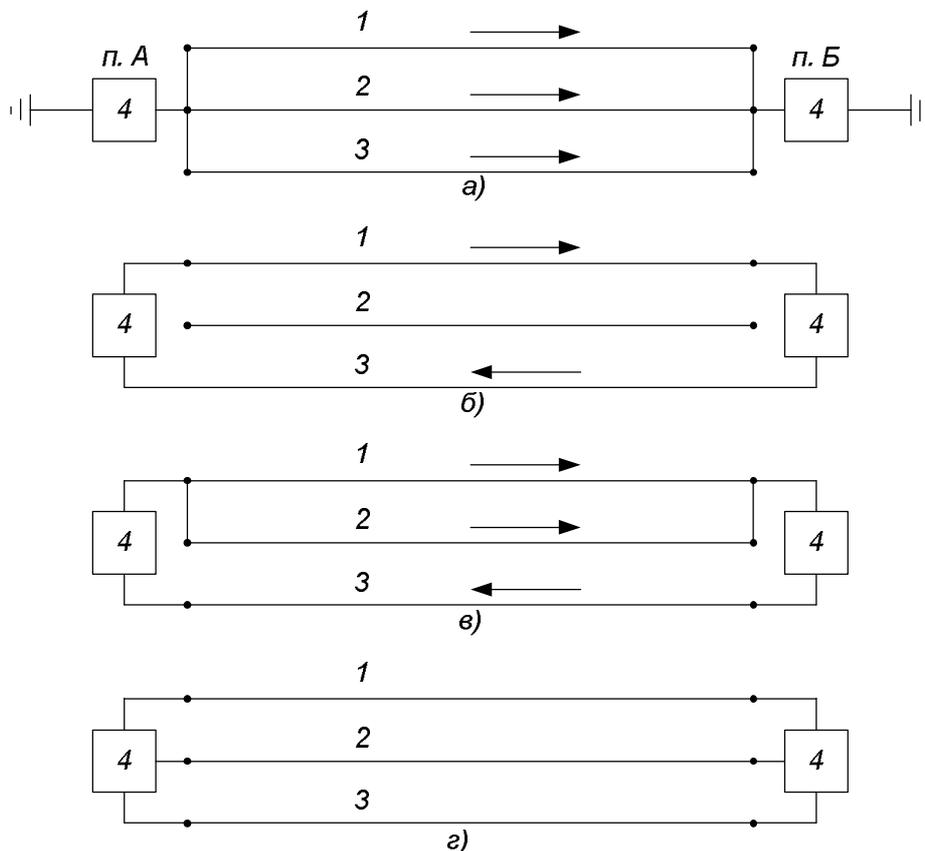


Рис. Упрощенные функциональные схемы подключения модемов телемеханики к ВЛ:

а - схема «три фазы - земля»; б - схема «фаза - фаза»; в - схема «фаза - две фазы»; г - схема «три фазы»

На рис. а модемы 4 подключены на схеме «три фазы — земля», в которой сигнал модема передачи с пункта А на пункт В передается по фазовым проводам (1—3) и возвращается в пункт А по земле.

Подобный канал телемеханики часто называют каналом нулевой последовательности.

Для подключения модемов к каналу нулевой последовательности используют либо силовые трансформаторы с выведенной нейтральной точкой линейных обмоток 0,4—10 кВ (рис.а) либо измерительные трансформаторы напряжения (рис. б).

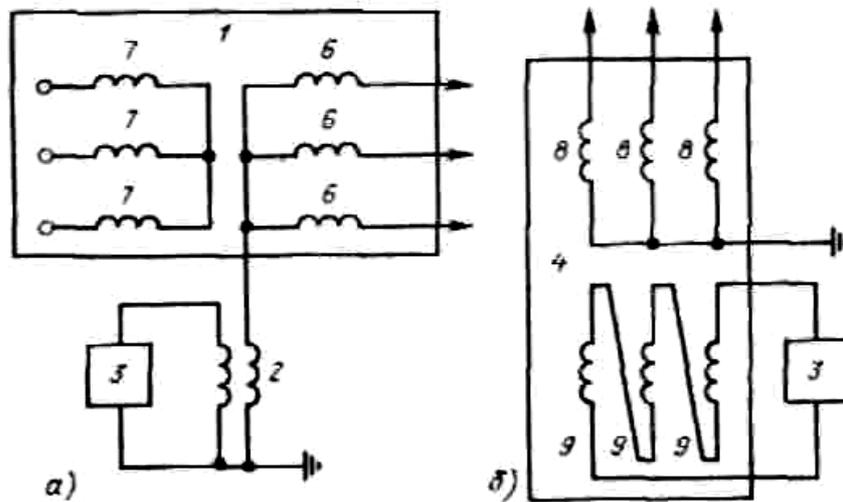


Рис. Схемы подключения модема к ВЛ по схеме «три фазы — земля»

В первом случае средняя точка линейных обмоток силового трансформатора 1 заземлена через линейную обмотку трансформатора связи 2, а модем телемеханики 3 включен во вторичную обмотку трансформатора связи. При использовании в качестве элемента присоединения трехфазного измерительного трансформатора напряжения, например НТМИ-10 (рис. б), модем телемеханики 3 подключают к вторичным обмоткам 9, соединенным в схему разомкнутого треугольника. В схеме на рис. а сигнал с выхода модема 3 через линейную обмотку трансформатора связи 2 поступает на фазные провода ВЛ через среднюю точку линейных обмоток 6 силового трансформатора 1, соединенных по схеме «звезда». В схеме на рис. б сигнал с выхода модема поступает на вторичные обмотки 9 измерительного трансформатора 4 и трансформируется через линейные обмотки 8 на каждый фазный провод ВЛ. Приемный сигнал с фазных проводов проходит на вход модема тем же путем, но только в обратной последовательности. На рис. б приведена схема подключения модема к ВЛ при междуфазном включении. В этом случае сигнал с пункта А передается на пункт В по одному фазному проводу и возвращается по другому. Модемы пунктов А и В соединены как бы двухпроводной линией, и передача сигнала осуществляется без использования земли. Такая схема подключения называется каналом «фаза — фаза». Третий фазный провод 2 в передаче сигнала не участвует.

В схеме присоединения «две фазы - фаза» передача сигнала осуществляется по тракту, образованному фазой 3 и двумя фазами (1 и 2), соединенными между собой в пунктах А и Б.

При реализации схем используют различные устройства присоединения на пунктах управления (ПУ) и контролируемых пунктах (КП). Пункт управления располагается на подстанции 110/10 или 35/10 кВ, питающей распределительную сеть 10 кВ, поэтому целесообразна установка в нем многообъектного устройства телемеханики, имеющего связь с КП, расположенными на всех линиях, отходящих от данной подстанции.

На рис. показан силовой трансформатор 1, шины 10 кВ (2) и отходящие от шин линии 10. Передающий модем телемеханики 6 подключают к шинам 10 кВ через трансформатор связи 5 и резонансные контуры, образованные из конденсаторов связи 3 и катушек индуктивности 4. Включение резонансных контуров рассчитано на работу по схеме «фаза — фаза». Рабочими фазами являются фазы А и С. Контур, подключенный к фазе В, является вспомогательным, компенсирующим возможную асимметрию схемы. Контуры настроены на частоту рабочего сигнала. Рабочий сигнал модема передачи 6 через трансформатор связи 5 и резонансные контуры поступает на шины Л и С и распространяется по фазным проводам А и С всех линий, подключенных к шинам 10 кВ данной подстанции.

Подключение к линии приемного модема осуществляют через два измерительных трансформатора тока (7), включенных в фазы А и С соответствующей линии 10 кВ. Приемный сигнал с выходных обмоток трансформаторов тока 7 поступает на вход приемного модема 9 через трансформатор связи 8. Для осуществления приема телеинформации с каждой линии, отходящей от шин подстанции, на соответствующих фазных проводах указанных линий устанавливаются свои трансформаторы тока и трансформаторы связи. Выходы всех трансформаторов связи подключены к соответствующим выходам общего модема приема. Устройства телемеханики, используемые в данных каналах, предусматривают временное разделение информационного обмена между ПУ и каждым КП.

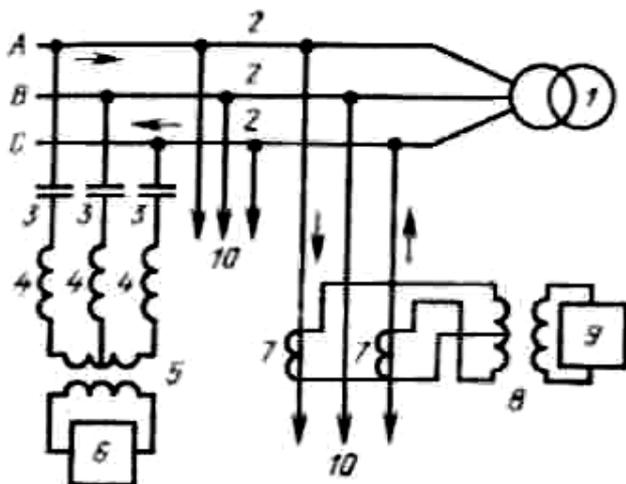


Рис. Схема подключения модема к ВЛ по схеме «фаза — фаза»

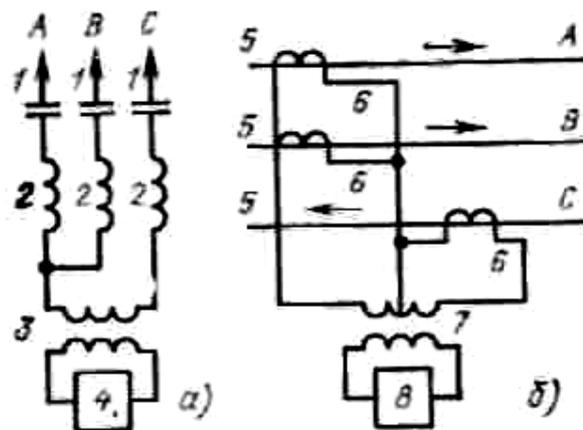


Рис. Схема подключения модема к ВЛ по схеме «две фазы - фаза»

Схема присоединения модема передачи (рис.а) отличается от предыдущей схемы только подключением резонансных контуров (1, 2) к линейной обмотке трансформатора 3, а схема присоединения модема приема к ВЛ (рис. б) отличается наличием третьего трансформатора тока 6. Сигнал с выхода модема передачи 4 поступает через трансформатор связи 3 на систему резонансных контуров, образованных конденсаторами / и катушками индуктивности 2. Все контуры настроены на рабочую частоту модема передачи. Выбранная схема подключения резонансных контуров к линейным зажимам трансформатора связи 3 обеспечивает передачу сигнала по системе «две фазы (А и В) — фаза С». Для приема сигнала по системе используются три трансформатора тока 6, каждый из которых подключен к своему фазному проводу 5 рассматриваемой линии.

Вторичные обмотки трансформаторов тока соединены с линейной обмоткой трансформатора связи 7 таким образом, что на вход модема приема 8 поступает сигнал, напряжение которого определяется суммой напряжений сигналов трех трансформаторов тока.

На контролируемых пунктах чаще всего применяется схема подключения модема со стороны обмоток низшего напряжения силового трансформатора 10/0,4 или 6/0,4 кВ. Применительно к варианту использования линейного тракта «фаза — фаза» функциональная схема подключения модема приемопередатчика на КП приведена на рис.

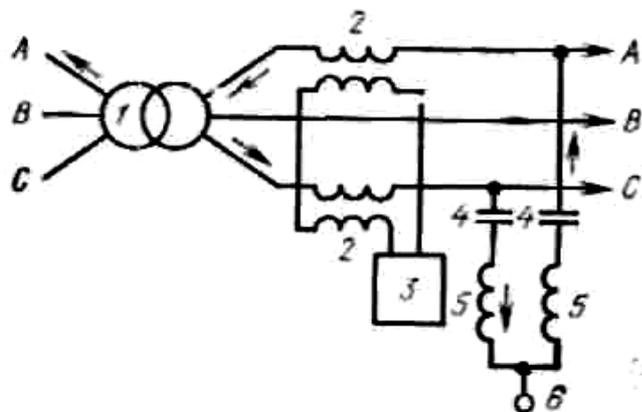


Рис. Схема подключения модема на КП по схеме «фаза- фаза»

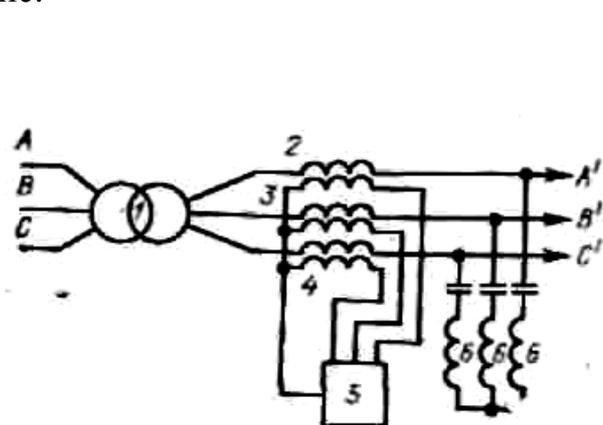


Рис. Схема подключения модема на КП по схеме «три фазы»

В фазные провода А и С обмоток низшего напряжения силового трансформатора 10/0,4 кВ (1) включены линейные обмотки двух трансформаторов связи (2). Вторичные обмотки этих трансформаторов включены последовательно и присоединены к выходным зажимам модема приема-передачи 3. Для исключения влияния нагрузки трансформатора 1 на качество передачи информации предусмотрены резонансные контуры (4, 5), включенные между собой последовательно и присоединенные соответственно к фазам А и С. Оба контура настроены на рабочую частоту модема, и сопротивление их на этой частоте составляет несколько ом. Наличие контуров обеспечивает не только стабильность параметров устройства подключения в

условиях изменения силовой нагрузки трансформатора 1, но и защиту канала передачи информации от проникновения в него помех со стороны потребителя электроэнергии, подключенного к сети 0,4 кВ. В тех случаях, когда в трансформаторе имеется вывод нулевой точки обмоток низшего напряжения, эту точку соединяют с зажимом б резонансных контуров. Передача сигнала от модема 3 через обмотки трансформаторов связи 2 возбуждает в фазных проводах А и С и соответствующих обмотках трансформатора 1 ток, частота которого соответствует частоте рабочего сигнала модема. Этот ток замыкается по цепи, составленной из последовательно включенных обмоток А и С трансформатора 1, линейных контуров. В трансформаторе 1 этот ток трансформируется в ток, протекающий по фазным проводам ВЛ 10 кВ.

При приеме информации на КП сигнал телемеханики с фазных проводов ВЛ 10 кВ поступает на вход модема 3, претерпевая те же самые преобразования, что и при передаче, но в обратной последовательности.

Устройство подключения модема на КП при использовании системы передачи «две фазы — фаза» отличается от устройства на рис. 4.15 только наличием третьего трансформатора связи, включенного в фазный провод В, и третьего резонансного контура, включенного между фазным проводом В и общей точкой б резонансных контуров. Линейные обмотки трех трансформаторов связи включены последовательно таким образом, чтобы ток рабочего сигнала во вторичной (а следовательно, и в линейной) цепи трансформатора 1 протекал по схеме «две фазы (А и В) — фаза (С)».

В зарубежной практике нашли применение каналы телемеханики, включенные по схеме «три фазы». В этой схеме сигнал распространяется по всем трем фазам ВЛ 10 кВ подобно току промышленной частоты, причем токи сигнала телемеханики в различных фазных проводах сдвинуты относительно друг друга по фазе на 120° . Для обеспечения этого требования применяются специальные модемы телемеханики 5, имеющие три пары линейных зажимов. Подключение выполняется со стороны сети 0,4 кВ (А', В', С') с помощью трехфазного трансформатора связи, линейные обмотки которого (2, 3 и 4) включены соответственно в проводе вторичных обмоток силового трансформатора 10/0,4 кВ (1).

Резонансные контуры б, настроенные на частоту рабочего сигнала модема 5, обеспечивают стабильную работу канала телемеханики в условиях меняющейся нагрузки сети 0,4 кВ и уменьшают воздействие помех, возникающих в нагрузке, на качество передачи сигнала телемеханики.

В зависимости от конкретного исполнения устройств системы телемеханики по проводам ВЛ 10 кВ подразделяются на системы телесигнализации (СТС), системы телеуправления (СТУ), системы телеуправления — телесигнализации (СТУ — ТС) и системы СТУ — ТС — ТИ, обеспечивающие организацию полного телеинформационного комплекса. В зависимости от схемы используемых модемов каналы телемеханики могут быть симплексными, дуплексными и полудуплексными. Симплексные каналы используются в СТС и СТУ, дуплексные каналы, в которых передача и прием информации осуществляются на разных рабочих частотах, используются в СТУ — ТС и

СТУ — ТС — ТИ. Полудуплексные каналы телемеханики предусматривают передачу телемеханической информации с ПУ на КП и в обратном направлении на одной и той же частоте рабочего сигнала. В этом случае применяется временное разделение направлений передачи информации. Каналы телемеханики в сетях 0,4—10 кВ выполняются, как правило, с использованием модемов ТМ — АМ при передаче в линию несущей и двух боковых полос частотного спектра модулированного сигнала (АМ — ДБП). В некоторых типах модемов используется принцип фазовой модуляции несущего сигнала (ТМ — ФМ), однако широкого применения эти модемы в настоящее время еще не получили.

При передаче информации по ВЛ 0,4—10 кВ на тональных частотах приходится считаться с наличием селективных помех, обусловленных гармоническими составляющими тока промышленной частоты. Источниками этих помех являются нелинейность трансформаторов 10/0,4 кВ, а также нелинейные нагрузки (дуговые печи, преобразователи тока, тиристорные регуляторы, телевизоры и т. д.) потребителей. Амплитуды напряжения помех имеют ярко выраженную частотную зависимость. Наибольшие амплитуды в диапазоне частот от 100 до 1000 Гц имеют помехи, по частоте соответствующие нечетным гармоникам тока промышленной частоты. Напряжение четных гармоник промышленного тока в этом же диапазоне частот обычно в 5—10 раз меньше амплитуды напряжения рядом расположенной нечетной гармоники. Рабочие частоты каналов телемеханики при работе в диапазоне частот от 100 до 3000 Гц расположены между частотами гармонических помех промышленного тока, и для защиты от воздействия этих помех в приемных модемах применяют узкополосные фильтры с полосой пропускания 10—15 Гц. Для увеличения избирательности фильтра по частоте нечетной гармоники промышленного тока среднюю частоту полосы пропускания фильтра сдвигают в сторону частоты четной гармоники.

Коэффициент несинусоидальности промышленного тока в электрических сетях 10 кВ зависит от назначения этих сетей. В зависимости от характера производства в электрических сетях промышленного назначения коэффициент несинусоидальности лежит в пределах от 5 до 12%, в городских электрических сетях 4—5%, а в сельских электрических сетях 2—3%. При организации каналов телемеханики на частотах свыше 600 Гц считают, что уровень гармоник на шинах 10 кВ не превышает 0,1% номинального напряжения сети, а на стороне 0,4 кВ уровень гармонических помех составляет 0,4—0,7% номинального напряжения.

При оценке качества линейного тракта канала телемеханики по распределительным электрическим сетям 0,4—10 кВ часто используют понятие коэффициента передачи K .

Различают коэффициент передачи по напряжению K_u/i , коэффициент передачи по току K_i/i , коэффициент передачи по напряжению и току K_u/i , и коэффициент передачи по току и напряжению K_i/U

Линейный тракт по распределительным сетям 0,4—10 кВ может быть представлен в виде последовательного включения четырехполюсников,

являющихся эквивалентами линии электропередачи, силового трансформатора, измерительного трансформатора, компенсирующих конденсаторов и т. д. Коэффициент передачи сигнала в столь сложной схеме определяется как произведение коэффициентов передачи элементов, составляющих линейный тракт. Канал нулевой последовательности (КНП) («три фазы — земля») оценивается коэффициентом передачи по назначению. КНП используется в электрических сетях с изолированной нейтралью при подключении модемов передачи и приема к ВЛ через трансформаторы. Передача информации осуществляется в тональном и подтональном диапазонах частот. Преимуществами данного вида канала телемеханики являются простота присоединения к ВЛ, небольшая мощность модемов передачи (<4 Вт), обусловленная тем, что в КНП передаваемый информационный сигнал не шунтируется элементами оборудования высокого напряжения. Недостатком КНП является малая помехозащищенность в условиях возникновения замыкания фазы ВЛ на землю. Указанный недостаток значительно ограничивает область применения КНП. Наибольшее распространение получили системы телемеханики, использующие линейные тракты «фаза — фаза» или «фаза — две фазы». Для оценки этих трактов в зависимости от конкретного выполнения устройств присоединения используются коэффициенты передачи по току или смешанные коэффициенты передачи (напряжение — ток, ток — напряжение). Преимуществом систем передачи телеинформации по фазным проводам без использования земли является повышенная помехозащищенность в условиях замыкания ВЛ на землю. Недостатками этих систем являются сравнительно сложное исполнение устройств присоединения и необходимость использования модемов передачи большой мощности (300—1000 Вт). На базе рассматриваемых линейных трактов в энергосистемах выполнены системы телесигнализации, телеуправления и циркулярного телеуправления (ЦТУ). Циркулярное телеуправление предусматривает управление энергообъектами, расположенными в глубине электрической сети, со стороны центрального пункта управления не только в нормальных, но и в аварийных ситуациях. К ЦТУ предъявляются повышенные требования надежности выполнения команд. Для работы ЦТУ используется симплексный канал, связывающий передатчик ЦТУ, расположенный в ПУ, с приемниками ЦТУ, расположенными в любой точке управляемой электрической сети. Приемник ЦТУ выполняется с учетом исполнения двух-трех команд телеуправления, связанных с коммутацией оборудования низкого напряжения, расположенного в пункте его установки. Повышение надежности ЦТУ обеспечивается применением высокоизбирательных фильтров в устройствах приема и увеличением мощности управляющего сигнала. В зарубежной практике используются ЦТУ, мощность управляющего сигнала которых на выходе передатчика составляет 0,4—0,5% мощности управляемой сети.

Тема 4. Элементы и узлы устройств диспетчерского и технологического управления, передачи данных и электронных устройств автоматики (4 часа).

Диодные и транзисторные элементы и узлы. Цифровые логические элементы. Микросхемные элементы. Триггеры на транзисторах и в микросхемном варианте. Генераторы импульсов на транзисторах. Шифраторы и дешифраторы. Компараторы. Резисторные преобразователи и распределители импульсов. Микропроцессорная техника в современных устройствах ТМ.

Тема 5. Системы телеизмерения (4 часа).

Основные принципы телеизмерения (ТИ). Виды телеизмерения. Классификация систем ТИ. Погрешности телеизмерения и способы их уменьшения. Аналоговые системы ТИ. Вторичные приборы. Структурная схема частотной системы ТИ. Понятие о дискретных системах ТИ. Частотно-импульсные системы ТИ. Кодоимпульсные системы ТИ, их преимущества перед другими системами. Способы преобразования кодов в напряжение или ток. Структурная схема одноканального устройства ТИ кодоимпульсной системы.

Основные принципы измерения

Телеизмерение — область телемеханики, охватывающая теорию и технические средства для измерения на расстоянии значений контролируемых параметров.

Телеизмерение (ТИ) преследует цель наиболее точно и с минимальными затратами обеспечить возможность измерения при значительных расстояниях от места замера до места отсчета измеряемой величины.

Сущность ТИ заключается в предварительном преобразовании измеряемой величины в такую вспомогательную величину, которую наиболее удобно передавать на большие расстояния. В современных энергосистемах на диспетчерские пункты поступает большое количество информации об изменении параметров, характеризующих режим работы электростанций, подстанций и линий электропередачи. К числу важнейших телеизмеряемых величин относятся:

1) активная и реактивная мощности, характеризующие как нагрузку энергосистемы в целом, так и распределение нагрузки между отдельными электростанциями;

2) напряжение и частота, характеризующие качество вырабатываемой электрической энергии;

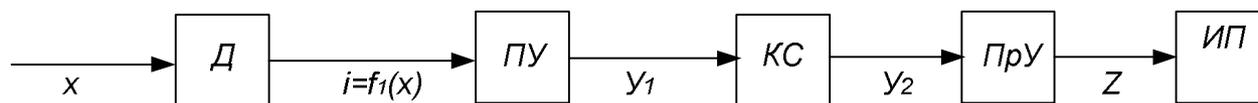
3) токи нагрузки, определяющие режим работы силовых трансформаторов и ответвляющих элементов электрической сети;

4) давление и температура пара тепловых электростанций, определяющие возможности регулирования активной мощности станции;

5) уровень воды на гидростанциях (верхний и нижний бьефы), определяющий запас потенциальной энергии этих станций.

Функциональная схема, поясняющая механизм телеизмерения, приведена на рис. На контролируемом пункте измеряемая величина (измеряемый

параметр) с помощью датчика Д преобразуется в электрический ток, значение которого отображает измеряемый параметр.



Передающее устройство телеизмерений ПУ, воспринимая информацию в виде тока I , передает в канал связи КС первичный сигнал y_1 , который в общем случае определяется формулой

$$y_1 = f_2(i).$$

Первичный сигнал, проходя по каналу связи, может претерпеть некоторые искажения, обусловленные воздействием различного рода помех, поэтому на входе приемного устройства телеизмерения ПрУ первичный сигнал описывается выражением

$$y_2 = f_3(y_1)$$

Приемное устройство телеизмерения преобразует первичный сигнал в электрический ток или напряжение (z), воздействующее на измерительный прибор ИП диспетчерского пункта:

$$z = f_4(y_2),$$

$$a = f_5(z).$$

Измерительный прибор покажет измеряемую величину в виде

$$a = f_6(x),$$

т. е. при использовании системы ТИ показания прибора на диспетчерском пункте отображают значение измеряемого параметра на контролируемом пункте. Точность отображения измеряемого параметра определяется погрешностью телеизмерения

$$\alpha_t = x - x',$$

где x' — действительное значение измеряемого параметра; x - показание прибора на диспетчерском пункте.

Если погрешность равна нулю, показания измерительного прибора на диспетчерском пункте точно отображают значение параметра. Практически погрешность телеизмерения всегда существует, так как любое преобразование измеряемой величины и передача сигналов по каналу связи сопровождаются появлением погрешности. Эти погрешности можно классифицировать следующим образом:

a_d — погрешность, возникающая при преобразовании измеряемой величины первичным датчиком;

$a_{пу}$ — погрешности, возникающие в передающем устройстве

$a_{пру}$ — погрешности, возникающие в приемном устройстве

$a_{ип}$ — погрешность измерительного прибора диспетчерского пункта;

$a_{кс}$ — погрешность, обусловленная помехами в канале связи В общем случае погрешность, вносимая элементом системы определяется как разность фактического значения рассматриваемой величины на выходе элемента и значения той же величины на его входе.

Выраженная таким образом погрешность называется относительной погрешностью телеизмерения.

Как и в технике обычных измерений, в телеизмерении различают основную погрешность, т. е. погрешность, возникающую при нормальных условиях работы телеизмерительного устройства, и дополнительные погрешности, обусловленные изменениями условий работы устройства (температуры окружающей среды, напряжением питания, появлением помех в канале связи и т. п.).

Общая погрешность телеизмерения является алгебраической суммой основной и всех дополнительных погрешностей. Следует помнить, что общая погрешность может быть значительно меньше арифметической суммы, так как совпадение всех составляющих погрешностей по знаку и по максимуму маловероятно.

Телеизмерительные устройства наиболее часто классифицируют по виду сигнала, посредством которого значение измеряемого параметра передается по каналу связи.

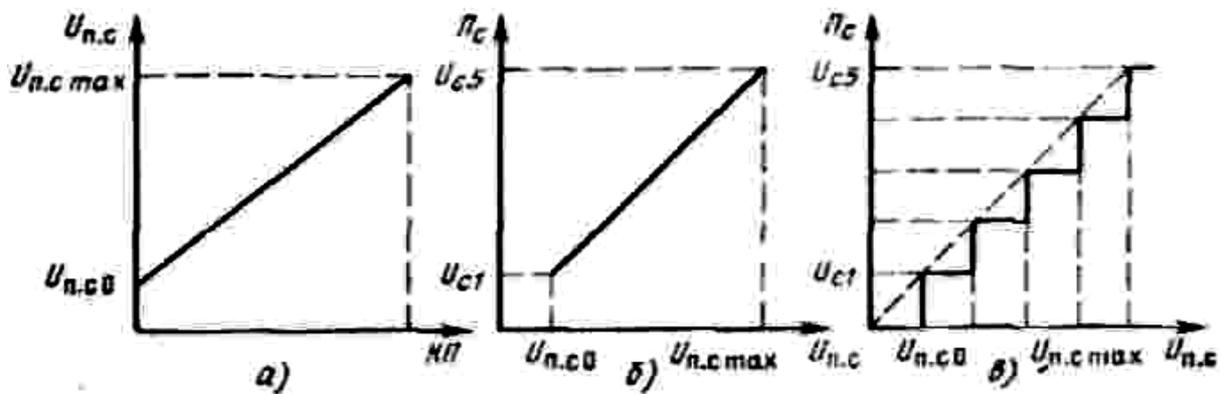
Классификация систем телеизмерения

В зависимости от типа информационного сигнала, используемого для передачи значений контролируемого параметра, системы ТИ подразделяют на аналоговые системы ТИ и дискретные системы ТИ.

Аналоговые системы ТИ в зависимости от расстояния между источником информации ДИ и получателем информации ПИ разделяют на системы ближнего и системы дальнего действия. Если связь ДИ и ПИ, которым является измерительный прибор диспетчерского пункта, осуществляется непосредственно через физическую линию связи, то такая система является системой ближнего действия. Дальность действия этой системы не превышает 1—2 км.

Если в схеме системы ТИ предусмотрены специальные устройства передачи и приема сигналов, обеспечивающие преобразование первичного сигнала в тональный сигнал, который затем передается по каналу связи, то такие системы ТИ называются системами дальнего действия. Характерной особенностью аналоговых систем является использование аналогового сигнала и в качестве первичного, и в качестве линейного сигналов.

Первичный сигнал датчиков информации представляет собой сигнал постоянного тока, амплитуда напряжения $U_{ПС}$ или тока которого однозначно связана со значением параметра измеряемого процесса. Эта зависимость графически показана на рис.а.



Изменение информационного параметра первичного сигнала полностью отображает изменение контролируемого параметра КП в любой момент времени. В общем случае значение $U_{пс0}$ соответствует напряжению первичного сигнала при прекращении контролируемого процесса. Зависимость информационного параметра линейного сигнала $Пс$ от напряжения (тока) первичного сигнала в аналоговых системах ТИ дальнего действия приведена на рис.б. Здесь, так же как и в предыдущем случае, каждому значению первичного сигнала соответствует свое значение информационного параметра линейного сигнала в любой момент времени контроля. Дискретными системами ТИ называются системы, в которых информационный параметр линейного сигнала может принимать только заранее заданные дискретные значения (дискретные уровни). Количество уровней дискретности N определяется исходя из заданных значений измеряемого параметра X_{min} и X_{max} и принятого шага дискретности.

Из рис.в видно, что при изменении первичного сигнала в пределах установленного шага дискретности информационный параметр линейного сигнала сохраняет свое значение и изменение его происходит только в момент, когда меняется уровень дискретизации первичного сигнала. Вполне очевидно, что в дискретных системах ТИ, используемых для передачи аналоговых первичных сигналов, в передающем устройстве ТИ должен предусматриваться преобразователь аналогового сигнала в дискретный сигнал. Если на приемном пункте в качестве ПИ используется аналоговый измерительный прибор, в схеме приемного устройства ТИ должен быть узел преобразования дискретного сигнала в первичный аналоговый сигнал.

Максимальная погрешность преобразования аналогового сигнала по уровню (погрешность дискретности) определяется половиной величины кванта (шага дискретности).

Кодоимпульсные системы телеизмерения

В настоящее время в энергосистемах повсеместно используются дискретные системы ТИ дальнего действия. Аналоговые системы ТИ имеют ограниченное применение. Наибольшее распространение получили дискретные ТИ кодоимпульсного типа. В кодоимпульсных системах ТИ каждому уровню первичного сигнала (изменяемого параметра) присваивается свой определенный номер и задачей передачи результатов измерения контролируемого параметра является передача на приемное устройство ТИ

номера уровня, которому соответствует контролируемый параметр в данный момент времени. Передача номера обычно ведется двоичным или двоично-десятичным кодом, элементом которого является двоичный дискретный сигнал. Для передачи используются рассмотренные выше дискретные каналы телемеханики.

Применительно к кодоимпульсным системам дискретное изменение информационного параметра линейного сигнала L_c , показанное на рис. 7.2,в, следует рассматривать как дискретное изменение кодовой комбинации двоичных сигналов, определяющей номер измеренного уровня.

В системах ТИ с аналоговым первичным сигналом в передающем устройстве ТИ используется аналого-цифровой преобразователь. Приемное устройство ТИ может работать как с цифровым получателем информации, так и с аналоговым измерительным прибором. В последнем случае для преобразования кодовых сигналов в аналоговый используются устройства ЦАП (цифро-аналоговый преобразователь).

Достоинства кодоимпульсных систем ТИ:

возможность получения высокой точности ТИ;

высокая помехозащищенность, обусловленная возможностью использования помехозащищенных кодов;

отсутствие погрешности ТИ при ретрансляции по схеме код — код.

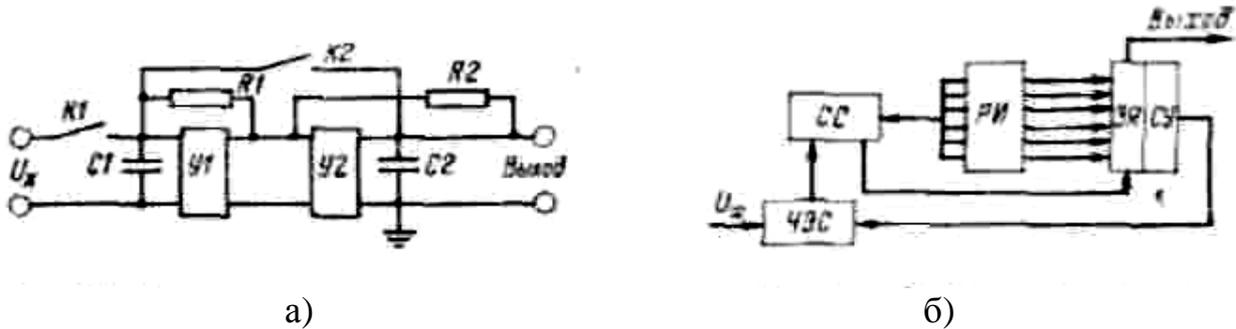
Рассмотрим основные методы преобразования, нашедшие широкое применение в кодоимпульсных устройствах ТИ.

Счетно-импульсный метод. Сущность этого метода состоит в том, что измеряемая величина преобразуется в соответствующее число импульсов, которое подсчитывается двоичным счетчиком. После подсчета производятся считывание и посылка кодовой комбинации в канал связи. Рассмотрим работу схемы, кодирующей по этому методу.

Измеряемое напряжение U_x преобразуется в импульсы определенной длительности t_a . Генератор стабильной частоты $Г1$ вырабатывает счетные импульсы t_n . Во время действия импульса t_n счетные импульсы поступают на пересчетную схему $ПС$. Число этих импульсов пропорционально длительности t_k , а следовательно, является функцией измеряемого параметра. Положение ячеек пересчетной схемы отображает величину U_x в двоичном коде, который фиксируется запоминающими элементами $ЗЭ$. После фиксации распределитель импульсов $РИ$, управляемый генератором тактовых импульсов $Г2$, поочередно опрашивает все запоминающие ячейки и посылает импульсы в канал связи. Таким образом, полный цикл кодирования T разбивается на две части: счет импульсов и передачу кодовой комбинации. Поскольку счетные импульсы не передаются по каналу связи, частота их выбирается достаточно высокой с тем, чтобы сократить длительность полного цикла кодирования и передачи за счет уменьшения времени счета импульсов. Минимальная частота следования счетных импульсов f_c должна выбираться с учетом заданной погрешности дискретности $b_{дт}$ ах:

где $t_{a,max}$ и $t_{a,min}$ — наибольшая и наименьшая длительности импульса, отвечающие верхнему и нижнему пределам измерения.

Метод последовательного удвоения (рис. а). Сущность метода состоит в том, что из измеряемого напряжения U_x последовательно вычитается эталонное напряжение, а разность между ними на каждом этапе кодирования удваивается.



Таким образом, каждое из вводимых в алгебраическую сумму слагаемых последовательно удваивается: первое n раз, второе $(n-1)$ раз и т. д. К концу кодирования первое введенное слагаемое $2^n U$ возрастает в $(n-1)$ раз, второе введенное слагаемое — в 2^n раза и т. д.

Напряжение U_x перед каждым циклом кодирования подключается к накопительному конденсатору $C1$ ключом $K1$. Конденсатор $C1$ включен на вход усилителя с положительной обратной связью $Y1$. Напряжение на конденсаторе $C1$ U_{C1} растет по экспоненциальному закону. Сопротивление резистора $R1$ и емкость конденсатора $C1$ подбираются таким образом, что за время одного цикла кодирования t напряжение на конденсаторе удваивается. Блок $Y2$ представляет собой усилитель-ограничитель. Блок $Y2$ заряжает конденсатор $C2$ до фиксированного напряжения $-U$, при положительном сигнале на входе и до $+U$ при отрицательном сигнале на входе.

Компенсационный метод (метод «взвешивания», рис. б) В процессе кодирования измеряемая величина, предварительно преобразованная в U_x , сравнивается (компенсируется) с уравнивающим напряжением. Последнее изменяется степенями, пропорциональными степеням убывающего двоичного ряда.

Чувствительный элемент сравнения $ЧЭС$ контролирует знак разности напряжений $(U_x - U)$. Если разность положительная ($U_x > U$), то соответствующая ступень сохраняется составляющей уравнивающего напряжения. При отрицательной разности данная ступень не используется для формирования уравнивающего напряжения.

При фиксации положительной разности напряжений в линию посылается импульс, отвечающий соответствующему члену двоичного кода.

Таким образом, чтобы выяснить, входит ли в компенсирующую сумму k -я ступень напряжения, т. е. равен ли коэффициент e_n единице или нулю, необходимо сначала прибавить ступень к сумме и затем сравнить полученную сумму с U_x . Если при этом выясняется, что $e_n = 0$, то нужно эту ступень вычесть из суммы.

При сравнении методов кодирования следует исходить из следующих их свойств: способа выдачи кода и возможности декодирования, реализуемой точности и быстродействия.

При счетно-импульсном методе код выдается по способу считывания. Преимуществом этого способа является большая свобода выбора декодирующего устройства, недостатком — необходимость перерывов между циклами кодирования для посылки кода. Счетно-импульсный метод нельзя назвать чисто цифровым методом, так как здесь квантуется только изменение интервала времени. Измерение же напряжения осуществляется косвенно через интервал времени, и схема, обеспечивающая преобразования напряжения в его временной эквивалент, работает на аналоговых принципах, что, естественно, ведет к увеличению погрешности. Этот метод правильнее относить к аналого-цифровому.

Компенсационный метод и метод последовательного удвоения позволяют использовать совмещенный способ выдачи кода, при этом имеется строго определенный порядок кодовых импульсов — по удвоению «весов».

Все методы кодирования позволяют производить последовательную посылку кода, а параллельная посылка может быть произведена только при наличии в устройстве специальной памяти.

Точность метода кодирования можно характеризовать реализуемым числом различных дискретных уровней, которое в каждом методе ограничивается определенными факторами. В счетно-импульсном методе такими факторами являются точность и линейность времяимпульсного преобразователя Π и стабильность генератора счетных импульсов Π . В компенсационном методе определяющими являются стабильность и точность уравнивающего напряжения, а в методе последовательного удвоения — точность усилителя и стабильность временных интервалов.

Наибольшее распространение в отечественной технике телеизмерения получили счетно-импульсный метод кодирования с применением промежуточного временного преобразователя и компенсационный метод «взвешивания».

Воспроизведение информации. Кодовая комбинация импульсов представляет собой числовое выражение измеряемой величины. Поэтому для воспроизведения измеряемой величины на приемной стороне достаточно зафиксировать поступление определенных членов кода и расшифровать их, не прибегая к функциональному преобразованию. Однако в условиях эксплуатации отсчет, получаемый в относительных единицах, неудобен. Оператору необходимо иметь показания измеряемой величины в абсолютном значении. Принятая информация на выходе телеизмерительного устройства должна быть в виде аналоговой электрической величины для подключения измерительных приборов в виде цифрового кода для воспроизведения показаний цифровыми приборами, для печати и ввода в цифровую вычислительную машину.

Декодирование на приемной стороне осуществляется в два этапа: промежуточная операция по выявлению 1 и 0 в кодовой комбинации и преобразование для получения цифры или значения тока, соответствующих измеряемой величине. Преобразование цифрового кода в аналоговую величину (ток, напряжение) выполняется с помощью преобразователя типа код—аналог

ЦАП. Наибольшее распространение в настоящее время имеют преобразователи кода в ток или напряжение с применением источников эталонных стабилизированных токов или напряжений и схем деления их. Одна из схем такого преобразователя на резисторах рассмотрена в гл. 5.

В большинстве случаев информация в цифровой форме представляется в десятичной системе счисления, как наиболее привычной для оператора.

Для воспроизведения измеряемых величин в кодоимпульсных устройствах применяют цифровые индикаторы. При разработке конструкций цифровых индикаторов стремятся к тому, чтобы цифры были ясными и четкими и находились в одной плоскости, возможно ближе к лицевой панели для обеспечения максимального угла обзора. При этом цифры, не участвующие в отсчете, не должны просматриваться. Контраст светящихся цифр относительно фона должен быть не ниже $k = 0,6$.

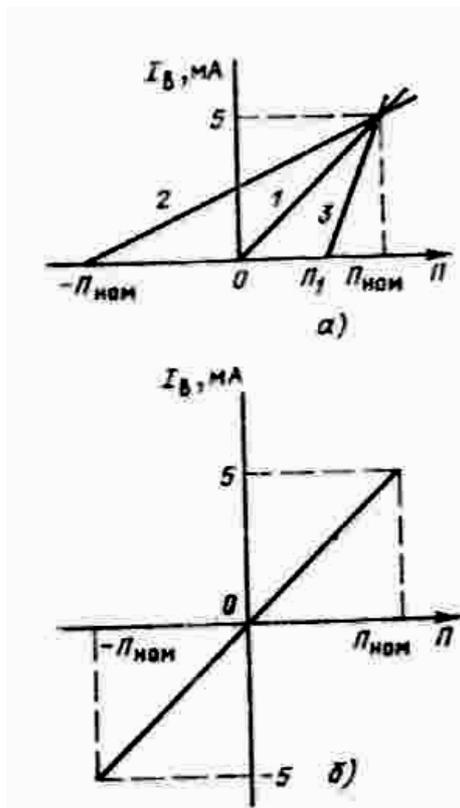
Как правило, цифровые индикаторы состоят из однотипных ячеек, каждая из которых воспроизводит один разряд десятичного числа.

По принципу действия цифровые индикаторы подразделяются на электромеханические, оптические, газоразрядные, люминесцентные, электронные и электрохимические.

Электромеханические индикаторы по быстродействию, надежности и долговечности уступают индикаторам других групп и редко применяются для отсчета телеизмеряемых величин на ДП. Электрохимические и электронные индикаторы пока мало распространены. Наибольший интерес представляют оптические, газоразрядные и люминесцентные индикаторы.

Измерительные преобразователи

Измерительные преобразователи предназначены для преобразования измеряемого параметра контролируемого процесса в унифицированный первичный сигнал (обычно токовый) с пределами изменения от 0 до 5 мА, от —5 до +5 мА. Первый тип измерительных преобразователей (ИП) называется нереверсивным и предназначается для преобразования измеряемых величин, но меняющих направления (т. е. меняющихся в пределах от 0 до N и обратно). Измерительные преобразователи с пределами ± 5 мА называются реверсивными и предназначены для преобразования параметров, изменяющихся в пределах $(-P_{ном})—0—(+P_{ном})$, где $P_{ном}$ — номинальное значение параметра. По назначению ИП подразделяются на преобразователи постоянного тока, постоянного напряжения, переменного тока, переменного напряжения, активной и реактивной мощности, частоты переменного тока. В зависимости от конкретных условий измерения выбирают ИП с нужной выходной характеристикой. На рис. приведены типовые характеристики различных ИП, представляющие собой зависимость тока I_B на выходе ИП от значения измеряемого параметра.



На рис.а показаны характеристики неинверсных ИП, используемых для контроля процесса с параметром, меняющимся от 0 до $P_{\text{НОМ}}$ (кривая 1), от $-P_{\text{НОМ}}$ до $+P_{\text{НОМ}}$ (кривая 2), в пределах от P_1 до $P_{\text{НОМ}}$ (кривая 3).

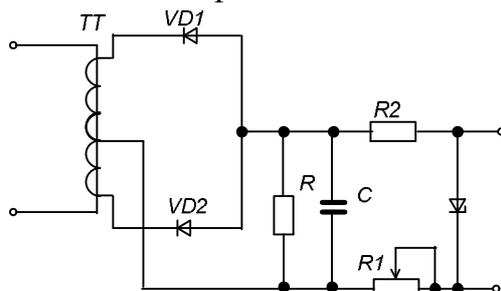
На рис. б приведена характеристика зависимости выхода от значения измеряемого параметра реверсивного измерительного преобразователя. Выходные характеристики ИП сохраняют свои параметры при изменении нагрузки на выходных зажимах ИП в пределах от 0 до 3 кОм. Входные цепи ИП подключают при контроле тока, напряжения и мощности высоковольтных цепей к вторичным обмоткам измерительных трансформаторов тока или напряжения.

В системах телеизмерения ближнего действия выход ИП подключается к линии, в системах ТИ дальнего действия сигнал с выхода ИП подается на вход передающего устройства ТИ.

В ряде случаев в выходную цепь ИП могут быть включены суммирующие преобразователи устройства противоаварийной автоматики, развивающиеся усилители и другие элементы. Общее суммарное сопротивление нагрузки на выходных зажимах ИП не должно превышать 2,5 кОм. К ИП предъявляются высокие требования надежности и достоверности. Погрешность преобразования современных ИП лежит в пределах 0,25—1%. Принцип действия ИП целесообразно рассмотреть на примере простейшего преобразователя тока ВПТ-4 и достаточно сложного преобразователя активной (реактивной) мощности типа Е728.

Функциональная схема ВПТ-4 приведена на рис. Входная цепь преобразователя представляет собой первичную обмотку вспомогательного трансформатора тока $ТТ$. Вторичная дифференциальная обмотка $ТТ$ совместно с диодами $VD1$, $VD2$ и фильтром RC образует выпрямительный узел,

преобразующий переменный ток, поступающий па вход ИП в унифицированный сигнал постоянного тока с пределами изменения амплитуды от 0 до 0 мА. Переменный резистор $R1$ служит для регулировки режима работы выходной цепи. Резистор $R2$ и стабилитрон обеспечивают защиту устройства от пробоя в случае отключения нагрузки выходной цепи. При возрастании выходного напряжения стабили троны пробиваются, и через них проходит ток. Этот ток вызывает падение напряжения на резисторах $R1$ и $R2$, и значение выходного напряжения падает до напряжения стабилизации стабилитрона.



Статические преобразователи мощности типов Е728 и Е729 относятся к преобразователям, использующим метод умножения на основе широтно-импульсной (ШИМ) и амплитудно-импульсной (АИМ) модуляции. Эти преобразователи предназначены для преобразования измеряемой мощности трехфазных цепей переменного тока в сигнал постоянного тока. Диапазон выходного сигнала в зависимости от модификации преобразователя составляет 0—5 мА и —5 — 0+5 мА на нагрузке от 0 до 2,5 кОм. Основная погрешность для первой модификации составляет 1%, для второй 0,5%. при этом амплитуда пульсации не превышает 0,25% основной допускаемой погрешности при нагрузке $2 \pm 0,5$ кОм.

Блок-схема преобразователя представлена на рис.

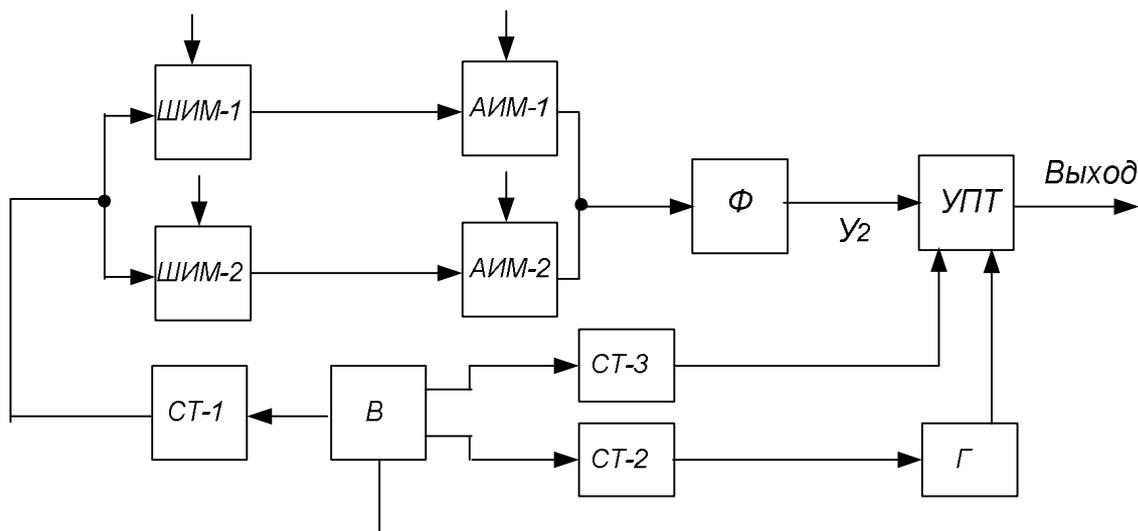


Схема содержит следующие узлы: блоки широтно-импульсной модуляции ШИМ, блоки амплитудно-импульсной модуляции АИМ, блок фильтров Φ , усилитель постоянного тока УПТ, генератор Γ , выпрямитель B .

Блок ШИМ представляет собой магнитно-полупроводниковый генератор и служит для преобразования измеряемых токов в пропорциональное изменение коэффициента заполнения импульсов генератора.

Блок *АИМ* представляет собой фазочувствительный выпрямитель. На его выходе получается напряжение в виде разнополярных импульсов, модулированных по длительности пропорционально измеряемому току и по амплитуде пропорционально измеряемому напряжению. Постоянная составляющая этого напряжения пропорциональна произведению измеряемого тока и напряжения, т. е. мощности.

Блок фильтров Φ состоит из двух Г-образных фильтров *LC* и *RC*. Фильтры выделяют постоянную составляющую суммы выходных напряжений двух амплитудно-импульсных модуляторов *АИМ-1* и *АИМ-2*, включенных в сеть трехфазного тока. С выхода фильтров напряжение подается на вход усилителя *УПТ*. Усилитель имеет глубокую обратную связь, он построен по принципу модулятора-демодулятора. Канал прямого усиления состоит из модулятора, усилителя переменного тока с отдельным трансформатором и демодулятора с фильтром. Переключение транзисторов модулятора и демодулятора производится с помощью генератора *G*. Сигнал постоянного тока преобразуется модулятором в прямоугольные импульсы, которые подаются на вход усилителя переменного тока, усиливаются последним, а затем детектируются демодулятором. На входе усилителя включен ограничитель, который предотвращает появление на нагрузке напряжения, превышающего допустимое. Генератор прямоугольных импульсов *G* представляет собой мультивибратор с трансформаторными связями. Представленные на схеме стабилизаторы *СТ* являются источниками постоянного тока компенсационного типа.

Рассмотренные преобразователи мощности типов *E728* и *E729* выпускаются промышленностью и находят все большее распространение в энергосистемах.

Суммирование значений измеряемых величин

При телеизмерении часто необходимо иметь сумму каких-либо величин, например сумму активной мощности нескольких электрических станций или суммарную мощность всех генераторов станции и т. д. Суммирование может производиться на передающей либо на приемной стороне, при этом суммируются не показания мощностей, а вспомогательные величины.

Методы суммирования различаются в зависимости от типа первичного датчика и от вида параметра, в который преобразуется измерение: может быть суммирование вращающихся моментов, угловых перемещений, токов, напряжений, числа импульсов и т. п. Наибольшее распространение получили методы суммирования токов и напряжений. Суммируются, как правило, постоянные или выпрямленные токи и переменные напряжения. Метод сложения токов является основным для суммирования значений измеряемых величин на приемной стороне в тех случаях, когда измеряемые параметры преобразуются в ток. Этот метод наиболее прост и может быть применен для практически неограниченного числа слагаемых. Метод сложения постоянных напряжений в основном применяется для суммирования значений мощностей на передающей стороне. Он тоже допускает суммирование неограниченного числа слагаемых.

Тема 6. Системы телеуправления, телесигнализации и телерегулирования (4 часа).

Классификация систем телеуправления-телесигнализации (ТУ-ТС). Принципы построения систем ТУ-ТС ближнего действия, частотных систем ТУ-ТС, временных систем ТУ-ТС. Синфазирование и синхронизация работы передающего и приемного устройства. Структурная схема временной системы ТУ-ТС. Понятие о системах телерегулирования.

Классификация систем ТУ—ТС

Системы управления и сигнализации делятся на две самостоятельные группы: системы прямого действия (местные системы управления и сигнализации) и системы телеуправления - телесигнализации (системы ТУ-ТС).

Местные системы осуществляют операции управления и сигнализации прямой передачей необходимой электрической энергии на объект, например включение двигателя выключателем. Такое управление требует самостоятельных соединительных проводов, сечение которых выбирается в зависимости от мощности включаемого объекта. Необходимость передачи достаточно большой мощности и прямая зависимость числа соединительных линий от числа операций ограничивают дальность действия местных систем, и применять их целесообразно лишь внутри небольших территорий.

Достоинство такой системы заключается в предельной простоте: возможности управлять любым числом цепей в любой последовательности, полной независимости действия всех цепей от повреждения какой-либо одной цепи, мгновенной передаче приказа или сигнала.

Для контроля за состоянием оборудования на контролируемых пунктах, удаленных от ДП на значительное расстояние, и управления этим оборудованием диспетчер должен располагать средствами телеуправления и телесигнализации.

Телеуправление - раздел телемеханики, включающий в себя теорию и технические средства передачи и приема на расстоянии команд управления объектами.

Телесигнализация - раздел телемеханики, включающий в себя теорию и технические средства передачи и приема дискретной информации о состоянии контролируемых объектов.

В устройствах телеуправления и телесигнализации (ТУ-ТС) используются одинаковые методы и средства образования и передачи сигналов, поэтому они объединяются в одну группу.

Основной задачей устройств ТУ является передача на расстояние приказов управления с максимальной надежностью и достоверностью при наиболее экономичном использовании каналов связи. При разработке устройств ТУ обязательно должны учитываться следующие положения, обеспечивающие надежную работу этих устройств:

1. Для уменьшения вероятности неправильного действия диспетчера посылка приказа ТУ разделяется на две операции: подготовительную, когда при помощи ключа управления производится выбор объекта и характера операции

(«включить», «отключить»), и исполнительную - запуск передатчика. Такое разделение дает возможность диспетчеру лишней раз проконтролировать свои действия, т.к. после поворота ключа управления (подготовительная операция) загорается мигающим светом соответствующая лампа на щите управления или в самом ключе на пульте управления.

2. Каждой операции ТУ должна отвечать операция ТС, которая используется для контроля правильности выполнения команды управления на объекте.

3. В случае нарушения приема ТС на диспетчерском пункте устройство должно обеспечить повторные передачи ТС до тех пор, пока диспетчер не сквитирует принятую информацию.

4. Невыполненный по каким-либо причинам приказ ТУ не должен запоминаться устройством на контролируемом пункте. Для его исполнения нужно повторить запуск с ДП.

5. Канал связи должен постоянно контролироваться. Выход канала связи из строя, а также значительное искажение сигнала помехой в канале связи не должны приводить к ложным действиям устройства ТУ.

6. Вся сигнализация изменения положения объектов на КП, которая по каким-либо причинам не принята на ДП, должна быть запомнена устройством на КП и передана автоматически после устранения повреждения.

7. Если во время передачи приказа на контролируемом объекте происходят серьезные перемены, при которых переданный приказ теряет смысл или становится неправильным, устройстве должно привести к отказу ТУ до получения на ДП сигнализации, т. е. должно быть предусмотрено предпочтение телесигнализации телеуправлению.

На рис. представлена структурная схема устройства ТУ—ТС. Диспетчерский пункт ДП является местом передачи приказов и приема сигнализации. Контролируемый пункт КП является местом передачи сигнализации и приема приказов.

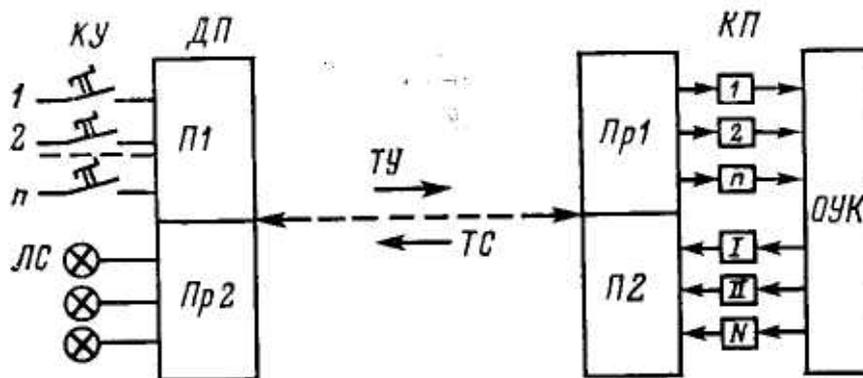


Рис. Структурная схема устройства ТУ — ТС:

П1, П2 - передатчики; Пр1, Пр2 - приемники; 1 - N - исполнительные органы; 1-n - датчики телесигнализации; ОУК - объекты управления и контроля

Устройство ТУ-ТС состоит из двух приемопередающих полукомплектов, соединенных между собой каналом связи. Посылка приказа с ДП

осуществляется при включении индивидуального ключа управления КУ и запуска передатчика П1 на ДП. Приказ расшифровывается приемником на КП, после чего происходит воздействие на исполнительный орган соответствующего объекта. Под объектом ТУ-ТС понимается элемент оборудования, подлежащий телеуправлению и имеющий телесигнализацию своего положения.

Изменение состояния объектов на КП фиксируется датчиками сигнализации 1 — N, которые подключены к передатчику КП. Сигнализация посылается в обратном направлении — на ДП. Принятая сигнализация расшифровывается устройством приемника ДП и воспроизводится сигнальной лампой ЛС на щите или мнемосхеме пульта. Рассмотренная схема соответствует варианту телемеханизации 1ДП—1КП.

В связи с широким внедрением телемеханизации в настоящее время нашли применение системы ТУ — ТС, выполненные в варианте 1ДП — МКП. В этом случае (рис.а) на ДП устанавливается многообъектное устройство ТУ—ТС, работающее совместно с несколькими приемопередатчиками ТУ — ТС (1), установленными на разных КП.

В распределительных электрических сетях 6—10 кВ нашли применение системы телемеханики на тональных частотах, которые предусматривают разделение систем ТУ и ТС.

На рис. б приведена функциональная схема использования таких многообъектных систем. Для получения системы ТУ на ДП устанавливается передающее устройство ТУ, а на КП — приемное устройство ТУ.

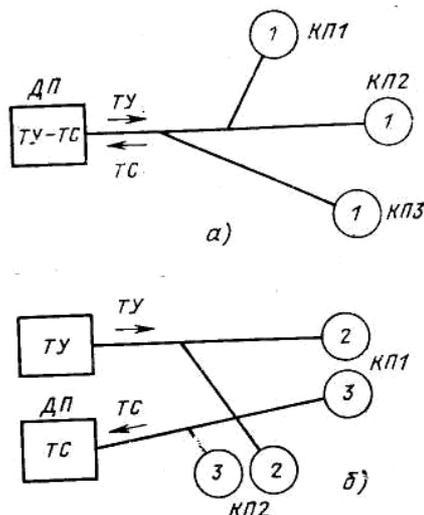


Рис. Многообъектные системы ТУ —ТС:

а — с использованием на КП приемопередатчиков ТУ — ТС; б — с использованием на КП автономных передатчиков ТС (3) и приемников ТУ (2).

Для получения системы ТС на КП устанавливаются передающие устройства ТС (3), а на ДП — общее устройство приема телесигнализации. Применение подобных систем позволяет поэтапно осуществлять комплексную автоматизацию и телемеханизацию распределительных сетей: сначала осуществляют систему ТС, а затем (при необходимости) — систему ТУ для тех

КП, на которых имеются управляемые аппараты высокого напряжения. В конструктивном отношении (по характеру используемой элементной базы) ТУ—ТС подразделяются на релейно-контактные и бесконтактные устройства, выполненные на полупроводниковых дискретных элементах и элементах микросхемной техники. В настоящее время в энергосистемы поступают только бесконтактные устройства ТУ—ТС, поэтому устаревшие устройства ТУ—ТС релейно-контактного типа рассматриваться не будут.

По структуре используемых первичных сигналов и методам передачи их по каналу системы ТУ — ТС подразделяются на четыре группы: системы с одноэлементными сигналами, допускающие одновременную передачу их в канале связи; системы с одноэлементными сигналами с последовательной передачей их; системы с многоэлементными сигналами и одновременной передачей элементов; системы с многоэлементными сигналами и последовательной передачей их элементов. По параметрам элементарных сигналов системы телемеханики разделяются на системы с амплитудными, временными и частотными признаками сигналов. По характеру действия системы ТУ — ТС подразделяют на непрерывно действующие и системы спорадического действия.

В устройствах ТУ — ТС с одноэлементными сигналами и одновременной их передачей применяются единичные посылки с различными признаками.

В устройствах с одноэлементными последовательно передаваемыми сигналами имеет место многократное использование одной и той же двухпроводной линии связи путем создания в ней последовательно во времени нескольких каналов разнога назначения. Эти системы получили самое широкое распространение. Основным недостатком их является сравнительно малое быстродействие, которое определяется емкостью устройства (количеством передаваемых приказов и телесигналов и типом используемой аппаратуры. При использовании многоэлементных сигналов каждый приказ или телесигнал передается соответствующей комбинацией определенного числа элементов сигнала, отличающихся друг от друга тем или иным признаком. Применение многоэлементных сигналов с поэлементной передачей позволяет повысить быстродействие системы и вместе с тем увеличить ее емкость. Системы ТУ — ТС с многоэлементными сигналами и одновременной передачей элементов сигнала требуют много каналов связи, поэтому они широкого распространения не получили.

Принципы построения систем ТУ—ТС ближнего действия

Для устройств ТУ-ТС ближнего действия в случае управления N объектами требуемое минимальное количество проводов линии связи определяется по формуле $n=aN+b$, где a - число проводов на один объект; b - число общих проводов для всех объектов; N - число объектов. Величина a является функцией количества позиций, занимаемых объектом, b определяется принятой структурой схемы управления. В известных устройствах ТУ-ТС ближнего действия для двухпозиционных объектов a обычно равно 1-3. По величине a устройства называют одно-, двух- и трехпроводными. На рис. представлена схема ТУ-ТС двумя объектами.

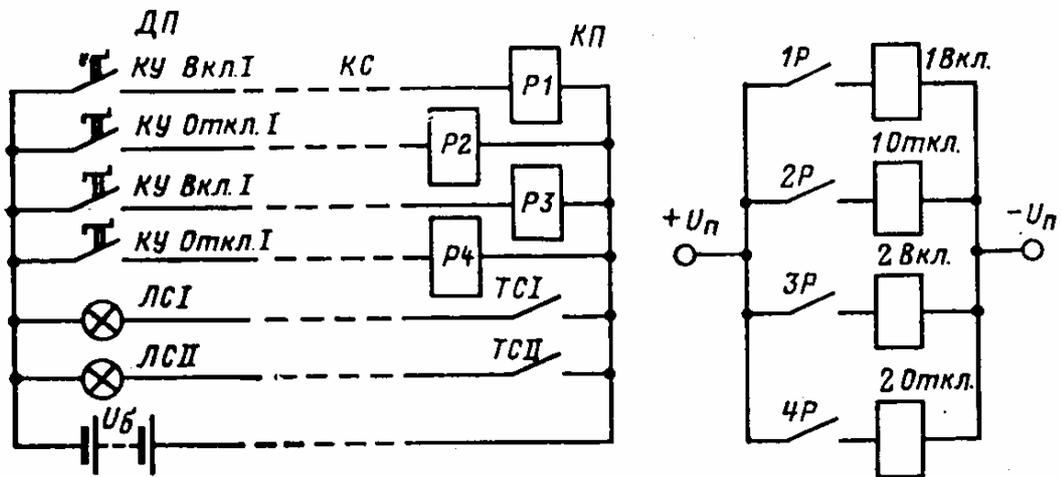


Рис. Принцип построения системы ТУ—ТС ближнего действия

Промежуточные реле Р1—Р4 соединены с соответствующими ключами управления КУ Вкл. и КУ Откл. и аккумуляторной батареей С/б каналом связи (КС). Число проводов на объект в данной схеме равно трем: первый провод для операции «включить» (ключ КУ Вкл. 1, реле Р1, контакт 1Р, исполнительный орган включения 1 Вкл.); второй провод для операции «отключить» (ключ КУ Откл. I, реле Р2, контакт 2Р, исполнительный орган отключения 1 Откл.); третий для передачи известительной телесигнализации (вспомогательный контакт объекта ТС1, сигнальная лампа ЛС1). Число общих проводов в этой схеме равно одному. Передача приказов осуществляется одиночным импульсом. Известительная ТС осуществляется длительно проходящим током по линии связи. На контролируемом пункте КП питание рабочих цепей исполнительных органов объектов производится через контакты 1Р—4Р от местного источника питания $U_{\text{а}}$, расположенного вблизи объектов. Преимуществами этих устройств являются предельная простота, помехоустойчивость и возможность параллельной, почти мгновенной, передачи всех сообщений. Существенным недостатком системы при значительном числе объектов является большое количество линейных соединительных проводов.

Принципы построения частотных систем ТУ—ТС

Функциональная схема частотного устройства ТУ-ТС приведена на рис.

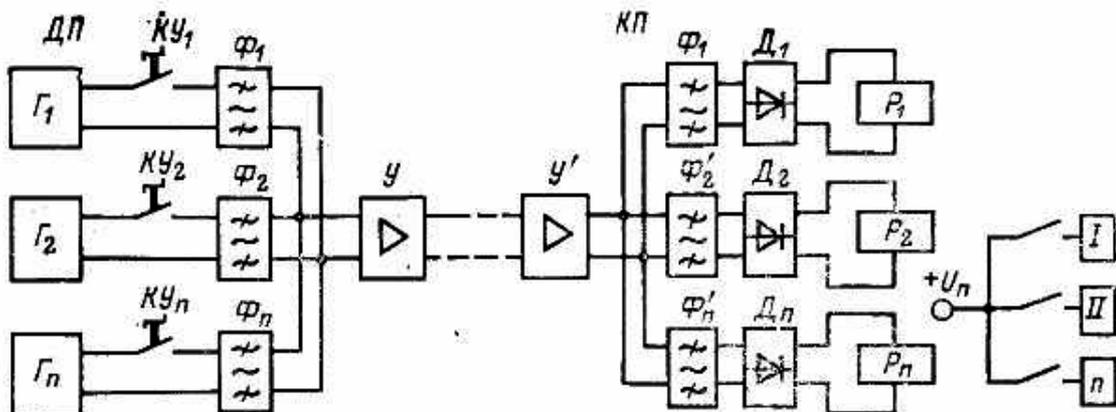


Рис. Частотное устройство ТУ — ТС

В передающем устройстве предусмотрено n генераторов синусоидального напряжения, отличающихся друг от друга по частоте. Напряжение от каждого генератора может быть подано через полосовой фильтр $\Phi_1 - \Phi_n$ и усилитель $У$ на вход канала связи. В приемном устройстве сигнала разных частот $f_1 - f_n$ после усиления выделяются полосовыми фильтрами $\Phi_1 - \Phi_n$, детектируются соответствующими детекторами $Д_1 - Д_n$ и воздействуют на исполнительные реле $Р_1 - Р_n$. При наличии N однопозиционных объектов для управления ими необходимо иметь N сигналов различных частот. При управлении N двухпозиционными объектами потребуются $2N$ каналов связи одного вида, так как команды «включено» и «отключено» для каждого объекта должны передаваться по своему каналу. Если применить частотный сигнал с двумя признаками, то для управления двухпозиционными объектами достаточно будет N каналов но в этом случае генератор должен выдавать то сигнал типа $f + \Delta f$, то сигнал вида $f - \Delta f$ при условии, что оба сигнала проходят через один фильтр Φ , а на приемном конце будет то срабатывания, то отпускание соответствующего реле $Р$. Из-за недостаточной стабильности генераторов синусоидальных колебаний и недостаточной избирательности полосовых фильтров приходится иметь значительный интервал между частотами f_n и f_{n-1} , поэтому невозможно разместить большое число частотных каналов в выделяемом для ТМ спектре частот. Для более экономного использования полосы частот применяют кодирование передаваемого сигнала, которое не только экономит полосу частот, но и повышает помехоустойчивость. Блок-схема частотно-комбинационного устройства ТУ-ТС отличается от блок-схемы одночастотного устройства ТУ наличием шифраторов СД и дешифраторов ДС. Такие системы называются системами с частотным разделением и кодовым или комбинационным избиранием, когда разделение сигналов частотное, а выбор объекта кодовый. Как правило, в этих системах применяются двухчастотные коды либо с параллельной, либо с последовательной посылкой. Пример системы с последовательной посылкой приведен на рис.

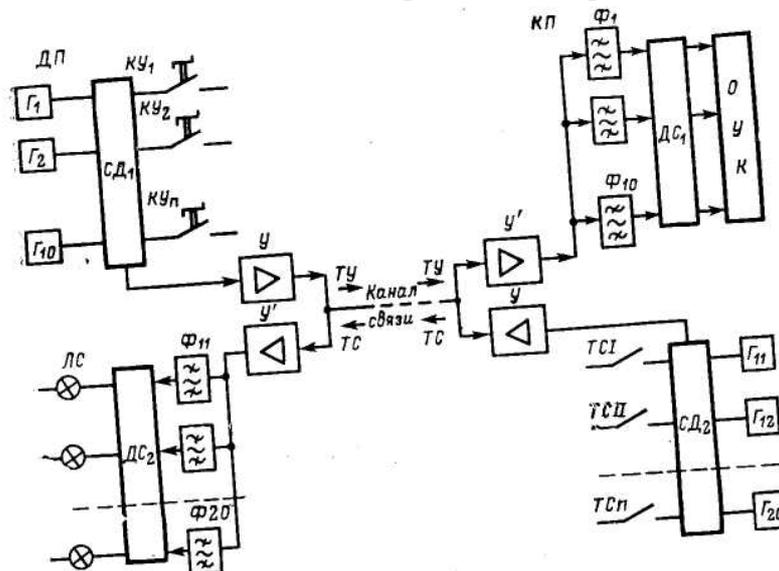


Рис. Частотно-комбинационное устройство ТУ — ТС

Для того чтобы осуществить операцию телеуправления, диспетчер на ЦП при помощи одного из индивидуальных ключей управления $KY_1 — KY_n$ выбирает необходимый объект, а затем, в зависимости от характера операции, запускает устройство кнопкой включения КВ или кнопкой отключения КО. После нажатия кнопки срабатывает пусковой узел ПУ, который содержит реле пуска и реле передачи. Узел ПУ переключает схему ДП на передачу или прием и запускает генератор импульсов Г, который воздействует на распределитель Р. Избирающее качество импульсов или пауз, т. е. их удлинение, задается на определенном шаге распределителя при помощи шифратора импульсного признака СДП. Импульсная серия, образованная узлами Р, СДП и Г, посылается в канал связи через линейный узел ЛУ.

Принятая на КП своим линейным узлом ЛУ эта серия поступает на распределитель Р, дешифратор импульсного признака ДСП и узел защиты ЗУ.

Длительность пауз или импульсов фиксируется на КП дешифратором импульсного признака ДСП, основным элементом которого является реле, замедленное на отпускание, если импульсным признаком выбрана удлиненная пауза. Отпускание этого реле происходит только на удлиненных паузах. В этом случае через Р подключаются цепи узла фиксации характера операции УФХ и реле предварительного выбора заданного объекта управления.

После приема всей серии импульсов, если при этом распределители Р установились в начальное положение и нет защитных отказов от защитного узла ЗУ, замыкается определенная цепь исполнительного органа ИО.

Передача и прием телесигнализации мало чем отличаются от работы устройства в режиме телеуправления. Запуск аппаратуры на КП происходит автоматически при изменении состояния (включении или отключении) какого-либо объекта путем воздействия датчика телесигнализации ДТС на пусковой узел ПУ. Сигнальное реле в узле исполнительного органа ИО на ДП выбирается аналогично выбору исполнительных цепей управления. Лампа сигнализации загорится только в том случае, если не последовало запрета от защитного узла ЗУ.

Тема 7. Построение устройств телемеханики. Многофункциональные устройства телемеханики (2 часа).

Выбор структуры телемеханических комплексов и устройств. Устройство ТИ-ТС типа ТМ-800. Телекомплекс многоканального кодоимпульсного телемеханического устройства (МКТ-2 и МКТ-3). Система телемеханики типа ТМ-320 и ТМ-310. Устройство ТС-ТИ типа ТМ-511 и ТМ-512. Аппаратура телемеханики с элементами оптоволоконной техники. Системы телемеханики с встроенными ЭВМ.

Устройства ТУ — ТС типа ВРТФ

Устройство ВРТФ-1 рассчитано на передачу сигналов ТУ — ТС между ПУ и одним КП. Максимальная емкость устройства — 48 двухпозиционных объектов ТС и 40 ТУ. Телесигнализация осуществляется непрерывной передачей, а телеуправление — спорадической. При максимальной емкости

устройства время передачи приказа ТУ составляет около 2,5 с, время цикла ТС около 3 с.

Устройство ВРТФ-1 в настоящее время не выпускается серийно, но в энергосистемах имеется в достаточном количестве. Построение ВРТФ-1 достаточно простое, и поэтому рассмотрение основных принципов построения устройств ТУ — ТС целесообразно выполнить на примере аппаратуры этого типа.

Схема устройства построена по распределительному принципу с временным разделением элементарных сигналов. В качестве импульсного признака принято удлинение импульсов и пауз. Избирающие импульсы и паузы при ТУ имеют тройную длительность, а маркерный импульс имеет длительность, в 6 раз превышающую длительность тактового импульса.

При циклической передаче ТС циклы следуют друг за другом непрерывно, разделяясь маркерным импульсом М. Отключенное состояние объекта сигнализируется удлиненными паузами, включенное — короткими.

При спорадической передаче ТУ приказ посылается в канал лишь в течение одного цикла. Телеуправление осуществляется двухступенчатым избором: выбором характера операции «включить» — Вкл. или «отключить» — Откл. и выбором номера объекта (1У ...). Удлиненная пауза НЦ определяет начало цикла ТУ. Исполнение принятой команды запрещается, если поступают два приказа и более. Также не разрешается выполнение последующих приказов в процессе исполнения первого.

Вызов телеизмерения и передача приказов регулирования производится так же, как и передача приказа ТУ. Защиты здесь те же, что и при ТУ, кроме запрета новых приказов.

Устройство ВРТФ-1 выполнено по блочному принципу в виде двух независимых устройств ТС и ТУ, работающих каждое по самостоятельному каналу связи.

Блок-схема передатчика ТУ представлена на рис.

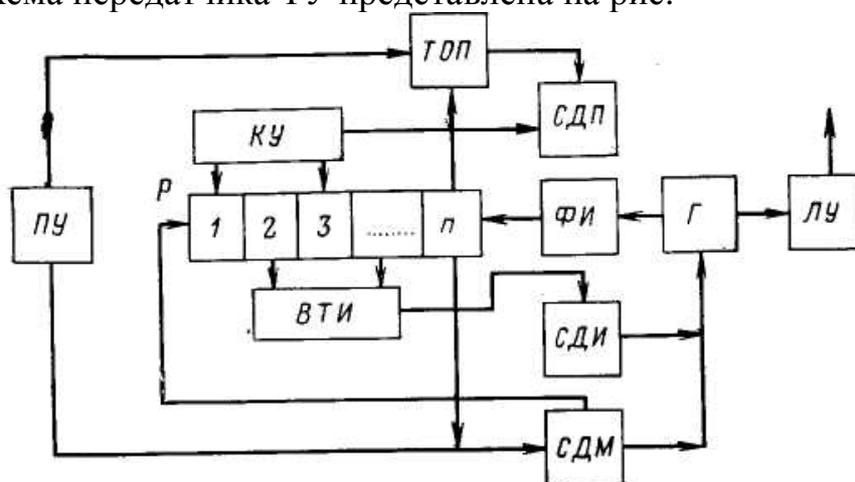


Рис. Структурная схема передатчика ТУ устройства ВРТФ-1

Распределитель импульсов Р состоит из феррит-диодных ячеек, включенных по двухтактной схеме. Генератор импульсов Г собран на

транзисторах по схеме управляемого мультивибратора. Управление Г осуществляется с помощью шифратора импульсного признака. Генератор кратковременно затормаживается, т. е. происходит срыв колебания по заданной фазе. Длительность удлинения паузы или импульса задают шифраторы признаков паузы СДП или импульса СДИ.

Распределитель Р управляется импульсами генератора Г, предварительно сформированными формирователем импульсов ФИ. Шифратор СДП управляется ключами управления КУ, присоединенными к нечетным ячейкам Р, а шифратор СДИ связан с ключами вызова телеизмерения ВТИ четными выходами Р. Синхронизирующий маркерный импульс создается шифратором С ДМ (триггер с одним устойчивым состоянием), который запускается последней ячейкой Р и воздействует на генератор Г аналогично шифраторам СДП и СДИ. Импульсы поступают на линейный узел ЛУ, который преобразует их в двухполярные.

Запуск устройства осуществляется пусковой кнопкой через узел пуска ПУ, воздействующий на СДМ. В начале посылки приказа триггер однократной передачи ТОП опрокидывается и снимает запрет с управления СДП. Триггер возвращается в исходное состояние от последней ячейки Р после завершения одного цикла работы.

На КП импульсы из канала связи (рис.), принятые линейным узлом ЛУ (усилителем-ограничителем), поступают через формирователь ФИ на распределитель Р, выполненный по незамкнутой схеме.

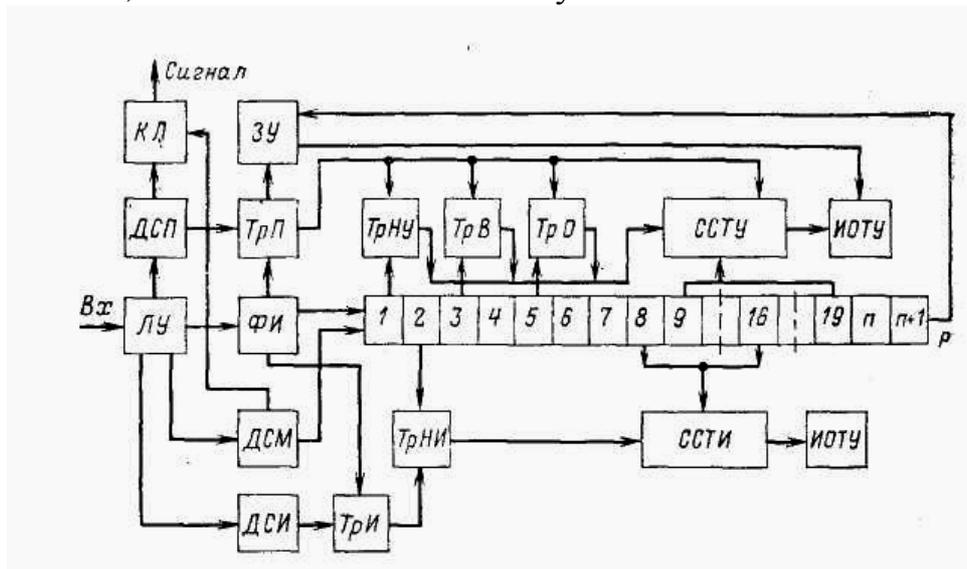


Рис. Структурная схема приемника ТУ устройства ВРТФ-1

Дешифраторы длительности импульсов и пауз ДСП и ДСП управляют триггерами совпадения импульсов ТрИ и пауз ТрП. На вход индивидуальных схем совпадения СС1У и ССТИ поступают сигналы от определенных ячеек распределителя от триггера ТрП, от триггера фиксации паузы «начало цикла управления» ТрНУ и триггеров фиксации паузы «включить» ТрВ или «отключить» ТрО при телеуправлении, от триггера ТрИ от триггера фиксации импульса «начало цикла измерения» ТрНИ при телеизмерении. При приеме

приказа ТУ и вызове ТИ очередность срабатывания общих индивидуальных реле исполнительных органов определяется очередностью избирающих пауз и импульсов. (На блок-схеме индивидуальные узлы телерегулирования не приведены.)

Запуск Р производится при подготовке первой ячейки распределителя и переводе всех других в исходное состояние маркерным импульсом, который выделяется дешифратором ДСМ. Исполнительные органы телеуправления ИОТУ приводятся в действие только с разрешения защитного узла ЗУ, который включает в себя узел контроля синхронного хода распределителей триггер разрешения исполнения, защищающий от ложного выбора цепи управления в процессе исполнения уже принятой команды, и узел, защищающий от выбора двух и более объектов ТУ.

Кроме того, в устройстве предусмотрен узел, контролирующий состояние канала связи КЛ, проверяющий длительность импульсов и пауз. При превышении установленной длительности КЛ посылает сигнал на ДП по каналу ТС.

Блок-схема передатчика ТС, установленного на КП (рис.), аналогична блок-схеме передатчика ТУ, установленного на ДП.

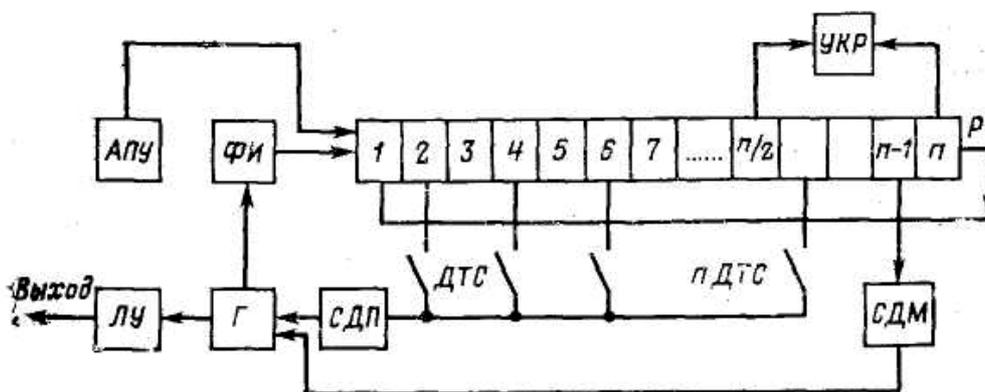


Рис. Структурная схема передатчика ТС устройства ВРТФ-1

Импульсы движения, создаваемые генератором импульсов Г, через формирователь ФИ поступают в тактовые цепи распределителя Р и в линейный узел ЛУ, где формируется импульсная серия, поступающая в канал связи. Запуск Р осуществляется автоматически пусковым узлом АПУ при подаче питания на схему полукомплекта. Распределитель импульсов Р собран по кольцевой схеме и после запуска работает непрерывно. Каждый цикл работы распределителя на вход индивидуальных схем совпадения ССТС, на второй вход которых поступают импульсы с нечетных ячеек распределителя. При совпадении двух этих импульсов происходит срабатывание выбранного реле исполнительного органа ИОТС. Срабатывание реле сигнализации вызывает воспроизведение сигнала на диспетчерском щите и пульте управления.

В приемнике ТС предусмотрены защиты, контролирующие синхронный ход распределителей ЗУ и работу приемного распределителя импульсов УКР. Устройства ТС и ТУ—ТС для телемеханизации распределительных электросетей

Для телемеханизации распределительных сетей 35—110 кВ используется аппаратура кустового типа, обеспечивающая телемеханическую связь ПУ с несколькими КП. К такому типу аппаратуры относятся устройства телемеханики типа КУСТ. Имеется два типа устройств: устройство КУСТ-А, предназначенное для выполнения только функций телесигнализации, и устройство КУСТ-Б, предназначенное для выполнения функций телеуправления, телесигнализации, вызывного телеизмерения (ТУ — ТС — ВТИ) и ТИ. Принцип работы и построение узлов аппаратуры КУСТ-А и КУСТ-Б одинаковы.

В состав комплексного устройства телемеханики типа КУСТ-Б входят один комплект аппаратуры ДП, шесть комплектов аппаратуры КП, предназначенных для выполнения функций ТУ — ТС — ТИ, и четыре комплекта аппаратуры КП, предназначенных только для ТИ (рис.).

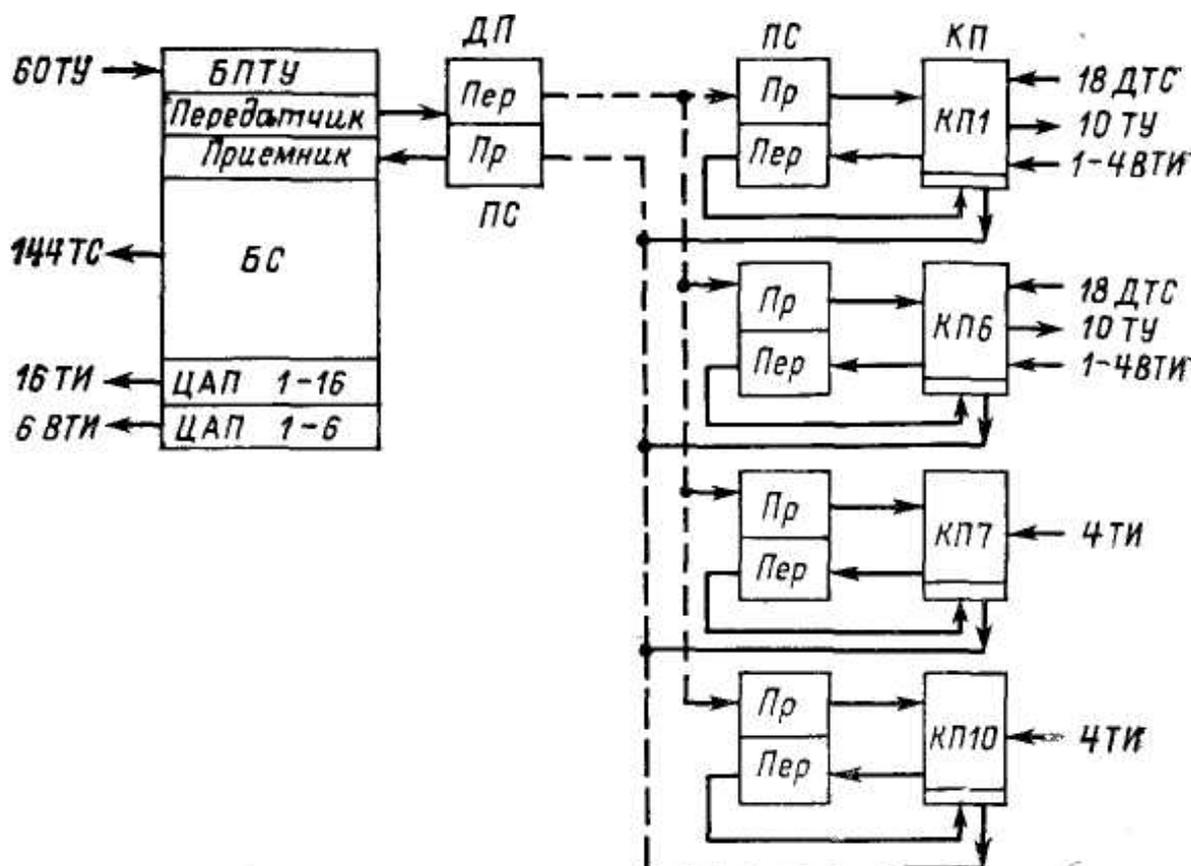


Рис. Структурная схема устройства КУСТ-Б

Комплекты КП могут быть установлены по одному на каждом КП либо для увеличения общего объема информации с одного КП до 10 комплектов КП на одном контролируемом пункте. Один полукомплект КП обеспечивает передачу 24 сигналов ТС.

Полукомплект ДП обеспечивает воспроизведение 144 сигналов ТС. Аппаратура ДП осуществляет посылку 60 приказов ТУ по 10 на каждый из 6 комплектов КП и 24 команды ТУ для вызова телеизмерений по 4 команды ВТИ на каждый комплект КП. Каждый комплект аппаратуры КП обеспечивает

единовременно передачу на ДП только 1 вызывного телеизмерения из четырех. При этом обеспечивается одновременное воспроизведение на ДП 6 ВТИ по одному с каждого комплекта КП. Каждый из последующих полукомплектов КП передает по 4 параметра ТИ непрерывно. Аппаратура ДП обеспечивает одновременное воспроизведение 16 непрерывных ТИ. Кроме перечисленных функций имеется 1 общая однопозиционная команда телеуправления на все КП одновременно. Информация с КП передается на ДП автоматически путем поочередного опроса всех КП. При телесигнализации устройство работает в спорадическом режиме. Передача и прием информации осуществляются по одному дуплексному каналу, общему для всех устройств. Поочередное включение и отключение постов связи ПС со стороны КП производится полукомплектом КП. Посты связи созданы на базе универсальной ВЧ аппаратуры ВЧА — РС, которая кроме дуплексного канала телемеханики образует телефонный канал и канал для телеотключения. Каналы телефонной связи и телемеханики работают самостоятельно, причем передача сигналов телемеханики производится независимо от того, занят телефонный канал или нет, что обеспечивает бесперебойность работы аппаратуры телемеханики.

Кроме работы комплектно с аппаратурой ВЧА — РС устройство КУСТ может работать по другим каналам связи для телемеханики.

При отсутствии новой информации, когда нет передачи с КП, аппаратура ДП осуществляет непрерывный контроль каналов связи и всей приемопередающей аппаратуры КП циклической посылкой кодов адресов с подтверждением на ДП отсутствия обновления информации.

Передача с ДП осуществляется циклами десятиразрядного двоичного кода. На каждый КП приходится четыре десятиразрядных цикла. На первом цикле с ДП на КП передаются код адреса КП, код операции команд ТУ и команда общего ТУ. Три остальных цикла принадлежат сигналам опроса состояния объектов ТС и коду адреса объектов ТУ. На первый адресный цикл КП отвечает вызванным ТИ и сигналом о наличии или отсутствии новой информации, в ответ на три остальных цикла — сигналами о состоянии объектов ТС. Если полукомплект КП рассчитан на передачу только ТИ, тогда в ответ на каждый десятиразрядный цикл опроса КП отвечает одним параметром ТИ. При телеуправлении устройство позволяет одновременно управлять только одним объектом одного из КП, при этом исполнение команды сигнализируется на ДП сигналом ТС.

При телеизмерении аппаратура ДП работает в режиме непрерывного обновления принимаемой информации. Вызывные телеизмерения ВТИ передаются на ДП циклически.

Аппаратура КУСТ-Б на ДП обеспечивает выдачу в вычислительные машины ЭВМ: информационных сигналов, номеров КП, с которых выданы информационные сигналы, номеров цикла передачи (сигнал ТС или ТИ), сигнала предложения информации, сигнала общего повреждения и сигнала смены информации. Предусматривается возможность ретрансляции по запросу четырех параметров ТИ в кодовой форме. Значение телеизмеряемых параметров ВТИ на ДП отображается в аналоговой форме на указывающем

приборе, общем для всех четырех параметров ТИ одного КП. Значение непрерывных ТИ воспроизводится на индивидуальных указывающих приборах. Погрешность телепередачи 1%.

При повреждениях аппаратуры любого КП или канала связи в полуккомплекте ДП сохраняется информация, предшествующая повреждению, и появляется сигнал «неисправность». Повреждение аппаратуры телемеханики на каком-либо одном КП не влияет на передачу информации с других КП.

Аппаратура ДП и КП выполнена на интегральных логических микросхемах общего назначения и построена по принципу набора сменных узлов, выполненных на платах с печатным монтажом.

Телемеханическая система ТМРС-10

Примером телемеханической системы, обеспечивающей передачу информации по распределительным электрическим сетям 6—10 кВ на тональных частотах, является система ТМРС-10. Применение этой системы позволяет осуществлять телемеханизацию пунктов секционирования (СП), пунктов автоматического ввода резерва (АВР), распределительных пунктов 10 кВ (РП-10), потребительских трансформаторных подстанций 10/0,4 кВ.

В состав ТМРС-10 входят: аппаратура тонального канала передачи информации АТКС-10, предназначенная для образования канала связи между пунктом управления и контролируруемыми пунктами данной распределительной электрической сети; устройства телемеханики ТРС-1, предназначенные для сбора, обработки и передачи информации по тональному каналу, образованному АТКС-10. Функциональная схема полуккомплекта АТКС-10, устанавливаемого на опорной подстанции, приведена на рис.

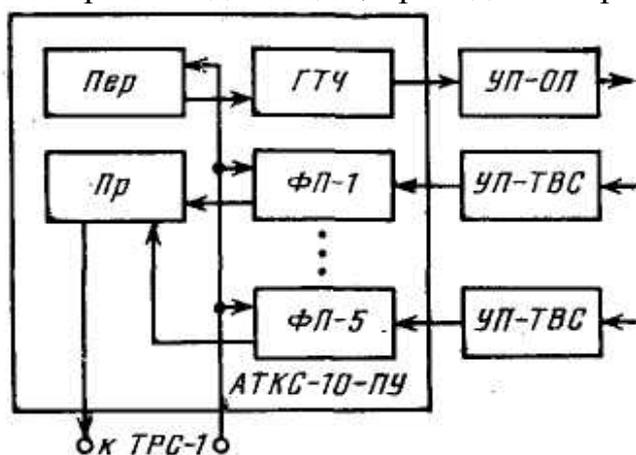


Рис. Функциональная схема АТКС-10 опорной подстанции ПУ

Тракт передачи состоит из блока передатчика Пер и ключевого управляемого генератора тональной частоты ГТЧ, практически выполняющего роль экономичного выходного усилителя мощности. В передатчике имеются маломощный по частоте генератор тональной частоты 1003 Гц, узлы формирователя импульсов управления и узел манипуляции, управляемый сигналами, приходящими с устройства телемеханики ТРС-1. В зависимости от знака первичного сигнала ТРС-1 с выхода Пер на ГТЧ либо поступают, либо не поступают управляющие импульсы. При наличии управляющих сигналов ГТЧ

выдает тональный сигнал частотой 1003 Гц. Прекращение управляющих сигналов с Пер вызывает прекращение сигнала, поступающего с выхода ГТЧ. Таким образом, информация передается в виде кодовых комбинаций двоичных сигналов тональной частоты. С выхода ГТЧ эти сигналы через устройство присоединения передатчика УП—ОП поступают на вход линии электропередачи и распространяются по всем линиям 10 кВ, подключенным к шинам данной опорной подстанции.

Информация от контролируемых пунктов поступает на АТКС-10-ПУ в виде кодированных сигналов тональной частоты через устройства присоединения приемника УП—ТВС. АТКС-10-ПУ рассчитано на возможность получения информации с пяти линий 10 кВ, подходящих к данной опорной подстанции. Соответственно с этим в АТКС-10-ПУ могут быть размещены до пяти блоков фильтров приема ФП. ФП представляет собой заграждающий фильтр, исключающий воздействие на качество приема рабочего сигнала напряжения с частотой 50 Гц, всегда присутствующего на выходе УП—ТВС. Подключение выхода того или другого ФП к входу приемника рабочих сигналов Пр осуществляется по команде, поступающей с ТРС-1 и воздействующей на ключи, расположенные в блоках ФП. Приемник имеет узлы усиления, ограничения амплитуды сигнала, детектор тонального сигнала и формирователь первичного сигнала. Для получения высокой помехозащищенности в приемнике предусмотрен узкополосный высокоизбирательный полосовой фильтр, построенный на 1003 Гц при полосе пропускания 10—14 Гц, а также пороговое устройство, исключающее воздействие на качество приемника линейных помех в интервалах между тональными посылками.

На контролируемом пункте устанавливается полукомплект аппаратуры АТКС-10-КП, который может быть выполнен в варианте АТКС-10-КП-К, предназначенном для присоединения к ВЛ 10 кВ через конденсаторы связи КС либо в варианте АТКС-10-КП-Т, если принято решение о подключении к ВЛ через потребительский силовой трансформатор. Функциональные схемы указанных устройств приведены на рис. а, б.

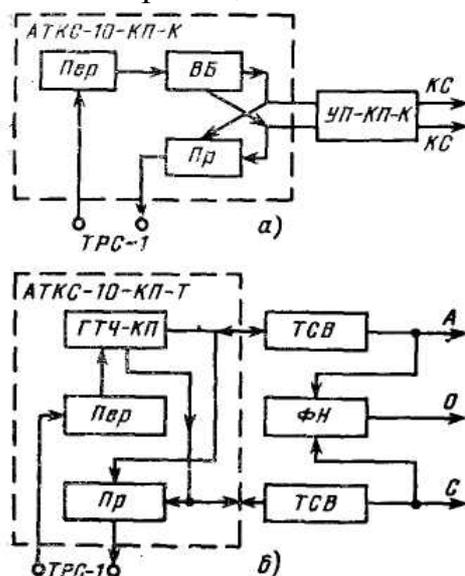


Рис. Функциональные схемы АТКС-10-КП

Устройства отличаются друг от друга только исполнением выходного мощного усилителя тракта передачи. В аппаратуре АТКС-10-КП-КС выходной блок ВБ передатчика выполнен по схеме управляемого тиристорного генератора с выходной мощностью порядка 20 Вт на нагрузке 75 Ом.

В АТКС-10-КП-Т предусмотрен передатчик повышенной мощности ГТЧ—КП, выполненный по схеме управляемого ударного генератора тональной частоты. Мощность рабочего сигнала на выходе этого генератора составляет на нагрузке 2,8 Ом 300 В-А. По составу узлов и построению схем передатчики аналогичны и настроены на ту же самую рабочую частоту 1003 Гц.

Устройство присоединения УП-КП-К практически представляет собой фильтр присоединения (рис.), содержащий входной трансформатор Т и две катушки индуктивности L1 и L2, который через конденсаторы связи С1 и С2 подключен к двум фазам ВЛ 10 кВ.

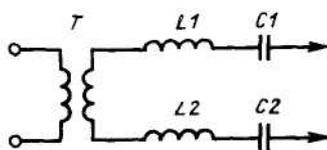


Рис. Схема устройства присоединения УП-КП-К.

Применение такого фильтра позволяет значительно снизить мощность передатчика АТКС-10-КП-К. Устройства телемеханики ТРС-1-ПУ и ТРС-1-КП, расположенные соответственно в пункте управления и контролируемых пунктах, обеспечивают: а) телемеханическую связь ПУ с КП данной электрической сети; максимальное количество КП— 15; б) передачу с каждого КП и прием на ПУ трех сообщений ТС; передача осуществляется по запросу со стороны ПУ; в) передачу с ПУ команд ТУ и прием этих команд на КП: на каждый КП может быть передана одна команда ТУ; г) ретрансляцию сообщений ТС с ПУ на объект высшей ступени управления при наличии самостоятельной телемеханической связи этого объекта с ПУ; д) ретрансляцию с ПУ на КП команд ТУ, полученных со стороны объекта высшей ступени управления.

Работа телемеханической аппаратуры в распределительных сетях (РС) имеет свои специфические особенности. Устройства контролируемых пунктов в РС должны работать в более широком диапазоне температур, чем устройства КП на подстанциях ПО кВ и выше. Устройства должны мало потреблять электроэнергии и обладать повышенной надежностью в работе. Организация каналов связи для работы устройств телемеханики в РС не должна быть дорогой. Объем телемеханической информации с каждого КП невелик. Жестких требований по быстрдействию при передаче информации в РС не предъявляется, время передачи информации максимально допустимо до 4—5 мин.

Заводом «Электропулт» освоено в производстве и серийно выпускается устройство телемеханики для передачи информации в РС 6—10 кВ, называемое ТРС-1. Каналы передачи телеинформации в этой системе организуются с

использованием частот тонального диапазона, наложенных на напряжение силовой; сети. В состав устройства входят полукомплект для установки на контролируемых пунктах. Один полукомплект опорной подстанции может обслуживать от 1 до 15 полукомплектов КП. Каждый полукомплект КП обеспечивает передачу телесигнализации о состоянии трех двухпозиционных объектов ТС. Таким образом, общий объем ТС для опорной подстанции составляет 45 ТС. Возможна установка нескольких полукомплектов аппаратуры КП на одном контролируемом пункте.

Для работы устройства организуется полудуплексный канал, телемеханики с использованием одной частоты тонального диапазона.

Устройство ТРС-1 является кодоимпульсным устройством телемеханики с временным разделением информационных сообщений и их элементов. Сбор телеинформации осуществляется циклически старт-стопными опросами с паузами-интервалами между ними. Благодаря цикличности опросов обеспечивается достаточная частота проверки состояния канала и готовности всей системы ТРС-1, а также предотвращается потеря телеинформации в случаях возникновения защитных отказов из-за воздействия помех в канале связи или из-за аппаратурных сбоев. Наличие пауз-интервалов облегчает режим работы устройств присоединения и усилителей мощности, а также в некоторой степени снижает интенсивность радиопомех, возникающих при передаче по силовой сети достаточно мощных импульсов тональной частоты. Длительность пауз-интервалов определяется допустимым временем запаздывания получения телеинформации.

Наличие пауз-интервалов является обязательным. Применение временного разделения информационных сообщений и их элементов обусловлено, прежде всего, организацией одного канала связи всех контролируемых пунктов.

Цикл опроса состоит из маркерного подцикла и цикла сообщений. В течение маркерного подцикла от опорной подстанции к КП передается стартовый сигнал (маркер). Непосредственно за маркерным подциклом начинается цикл сообщений, в течение которого передаются информационные сообщения от КП опорной подстанции (ОП).

Цикл сообщений содержит несколько подциклов. Число подциклов равно числу обслуживаемых КП. В течение одного подцикла передается информационное сообщение от одного полукомплекта КП. В каждом подцикле содержится 8 тактов, за 1 такт передается 1 бит информации.

Информационное сообщение (8 тактов) содержит адрес КП (4 такта), информацию о состоянии трех двухпозиционных объектов (3 такта), бит защиты по четности (1 такт).

Адрес КП кодируется четырехразрядным двоичным кодом, который позволяет образовать $2^4=16$ адресов; кодовая комбинация 0000 не используется.

Информация о состоянии объектов ТС кодируется однозарядным распределительным кодом, каждый элемент кода содержит информацию о состоянии одного двухпозиционного объекта ТС. Бит защиты по четности формируется для всего подцикла.

Информационной логической «единице» соответствует передача в канал связи на соответствующем такте импульсной посылки сигнала тональной частоты. Длительность импульсной посылки не превышает полутакта. Следовательно, сигналы информационных (логических) «единиц» являются активными. Между двумя соседними «единицами» обязательно должна быть пауза (отсутствие сигнала тональной частоты), наличие которой контролируется при приеме информации.

Длительность одного такта равна 320 мс. Такты образуются путем деления частоты сети 50 Гц на 16, таким образом, тактовая частота

$$f_T = \frac{50}{16} = 3,125 \text{ Гц}.$$

Длительность импульсной посылки сигнала тональной частоты равна половине такта, т. е. 160 мс, и, следовательно, канал связи должен обеспечивать скорость передачи 6,25 Бод.

Длительность цикла опроса $T_{ц.о} = T_{м.пц} + T_{ц.с}$, где $T_{м.пц}$ — длительность маркерного подцикла; $T_{ц.с}$ — длительность цикла сообщений.

Маркерный подцикл всегда содержит 8 тактов, и потому его длительность

$$T_{ц.с} = 0,32 \cdot 8 = 2,56$$

Длительность цикла сообщений может изменяться в зависимости от числа обслуживаемых КП и может быть определена по формуле $T_{ц.с} = 0,32 \cdot 8 \cdot N = 2,56N$, где N — число обслуживаемых КП.

Интервалы следования маркерных подциклов не могут быть меньше длительности цикла опроса. Эти интервалы определяются установкой таймера, имеющегося в полукомплекте ОП. Через определенные интервалы времени таймер запускает распределитель ОП, а также воздействует на схему формирования стартового сигнала (маркера).

В течение первых восьми шагов распределителя ОП передается маркерный подцикл. Приняв маркер, полукомплекты КП по окончании маркерного подцикла запускают свои распределители, которые переключаются синхронно с распределителем ОП. Переключение распределителей всех КП от начальной позиции до конечной происходит за 120 тактов. Для передачи информационного сообщения каждому КП отведено 8 строго определенных тактов («информационное окно»).

Синхронность переключения распределителей ОП и всех КП достигается за счет использования синхронной сети 50 Гц для формирования тактовых импульсов. Синфазирование распределителей КП осуществляется принятым старт-стопным методом опроса: каждый распределитель КП по окончании своего движения остается в конечной позиции и переключается в начальную позицию только после приема маркера (сигнал «старт»), общего для всех КП.

Информация, поступающая с КП на ОП, подвергается проверке. В аппаратуре ОП предусмотрен следующий контроль: контроль длительности импульсов методом дискретного интегрирования, контроль числа пауз в подцикле, контроль четности, сравнение кодов номера из линии связи с ожидаемым кодом, формируемым полукомплектом ОП.

Устройство ТС -ТИ типа ТМ-800

Устройство телемеханики типа ТМ-800 выполняет функции телеуправления, телесигнализации и телеизмерения. Максимальное число объектов: ТУ - 35, ТС - 30 и ТИ - 75.

В качестве канала связи между ДП и К.П могут использоваться двухпроводные физические линии связи или телеграфный канал. Максимальная скорость передачи 200 Бод.

Структурные схемы полукомплектов ДП и КП без блоков; ТИ идентичны. Формирователь импульсов ФИ (рис.), содержащий генератор стабильной частоты и корректирующее устройство с дискретным управлением, обеспечивает формирование тактовых импульсов и коррекцию фазового рассогласования полукомплектов ДП и КП. Линейный узел ЛУ предназначен для усиления импульсов, принимаемых из канала связи и передаваемых в канал связи.

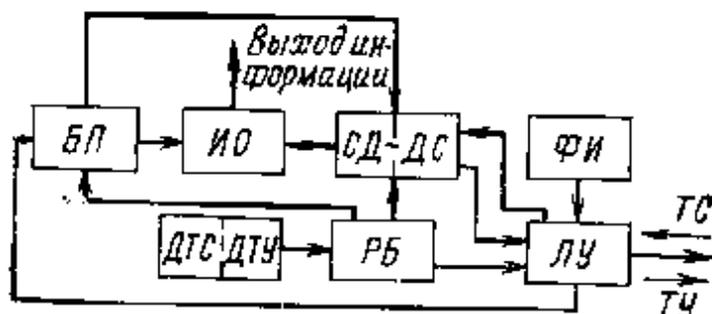


Рис. Структурная схема устройства ТМ-800

Режимный блок РБ, содержащий распределитель, состоящий из семиразрядного двоичного счетчика и дешифраторов выбора группы и объектов в группе, задает режим работы всего устройства и производит временное разделение сигналов ТУ - ТС.

Блок СД - ДС служит для кодирования и декодирования информации. В устройстве применен циклический код, позволяющий обнаруживать все двукратные ошибки и некоторые ошибки с кратностью больше трех. Если прием прошел без ошибки, блок СД - ДС дает разрешение на перепись информации из блока промежуточной памяти БП на исполнительные органы ИО. Формирование сигналов ТУ и ТС производится бесконтактными ключами ДТС - ДТУ.

За один цикл работы осуществляются передача и прием семи восьмиразрядных серий импульсов (байтов). Первой серией передается посылка, определяющая начало цикла. Пятью следующими сериями передаются сигналы ТУ и ТС; седьмой серией передается проверочная последовательность импульсов.

Распределитель импульсов полукомплекта ДП работает непрерывно, а полукомплект КП запускается первой кодовой посылкой. Передача команды ТУ происходит при замыкании ключа управления, при этом в блоке ДТУ полукомплекта ДП открывается ключ, закрепленный за данным объектом. После этого сигнал поступает сначала в блок ДС, где кодируется, а затем через

ЛУ передается в канал связи. За цикл работы устройства будет выдана серия импульсов ТУ, во время которой блок ДС сформирует проверочную последовательность, передаваемую в канал связи седьмой серией.

На контролируемом пункте КП сигналы ТУ усиливаются линейным узлом ЛУ и при помощи распределителя записываются на триггеры памяти блока БП. Затем триггеры БП опрашиваются импульсами распределителя режимного блока РБ. Результат опроса передается на вход СД, куда поступает также проверочная серия. В случае правильного приема происходит перенос информации из ячеек памяти блока БП на выходные усилители исполнительных органов МО. Подтверждение о выполнении команды и сигналы ТС передаются с КП на ДП аналогично передаче команды ТУ с ДП на КП.

В устройстве применена кодоимпульсная система телеизмерения. На КП датчики телеизмерений подключаются к время-импульсному преобразователю. Основная погрешность устройства телеизмерения не превышает 1%. Эта аппаратура при работе от программного устройства обеспечивает управление группой объектов по заранее заданной программе. Устройство типа ТМ-800 выполнено на базе стандартных субблоков с использованием микросхем и печатного монтажа.

Телекомплекс МКТ

Многоканальное кодоимпульсное телемеханическое устройство МКТ-2 предназначено для передачи и приема информации ТИ -ТС и ТУ. Устройство рассчитано на работу по стандартному дуплексному каналу связи для телемеханики. При передаче ТИ-ТС предусмотрено автоматическое резервирование канала связи. Для передачи ВТИ требуется отдельный симплексный канал связи. Приказы ТУ передаются комбинированно-распределительным комплектным кодом. Защита от неправильного действия обеспечивается контролем синхронности движения распределителей, комплектности кода, числа признаков, кодирующих единиц и защитой от срабатывания сразу двух исполнительных реле управления.

Информация ТИ-ТС передается непрерывно, циклически, В устройстве применен двоичный код без разделительных интервалов. Цикл передачи в зависимости от модели устройства со стоит из 11, 21 или 31 подциклов. Один из подциклов, в котором передается маркерный сигнал, предназначен для синхронизации распределителей полукомплектов ДП и КП. В каждом информационном подцикле передается восьмиразрядный двоичный код, который соответствует либо одному ТИ, либо восьми двухпозиционным сигналам ТС.

Приказы при телеуправлении и вызове цифро-буквенной информации передаются кодом по одно сочетание из десяти по три с использованием временного импульсного признака.

Код, использованный в устройстве МКТ-2, имеет высокие возможности обнаружения ошибок при относительно небольшой избыточности.

Для ввода информации в ЭВМ или в устройство обработки информации и ретрансляции ТИ и ТС предусмотрен съем информации каждого подцикла в кодовой форме.

Максимальная емкость устройства: ТИ - до 30 объектов, ТС - до 240 объектов, ТУ - до 90 объектов и до 10 вызывных параметров телеизмерения (ВТИ). Кроме того, при наличии устройств ввода оно может быть использовано для передачи и приема цифро-буквенной информации. Заводом «Электропульт» выпускаются 12 моделей, отличающихся друг от друга емкостью и функциями.

Телекомплекс МКТ-3 учитывает возросшие требования по достоверности и надежности передачи информации, он является дальнейшим развитием устройств МКТ-1, МКТ-2 и ВРТФ-3 и обеспечивает передачу телеизмерений, телесигнализации, команд телеуправления и сообщений ретрансляции, а также ввод информации ТИ - ТС в ЭВМ.

Возможная область применения--диспетчерские пункты предприятий электросетей, энергосистем и объединенных энергосистем.

Телекомплекс состоит из одного устройства контролируемого пункта и от одного до трех устройств пункта управления. Следовательно, возможна одновременная передача информации в три направления.

Аппаратура телекомплекса обеспечивает следующие информационные емкости по функциям: ТИ - до 60 восьмиразрядных параметров; ТС - до 512 двухпозиционных сообщений; ТУ - до 64 двухпозиционных команд; цифровое ТИ - до четырех 16-разрядных сообщений. Ретранслируемая информация РТ-до 30 ТИ и 256 ТС с каждого устройства ПУ.

Телекомплекс относится к классу многоканальных устройств с временным разделением каналов. Для ТИ предусмотрена циклическая передача информации, для ТС - спорадическая передача.

Каждое адресное, информационное или маркерное слово состоит из 14 символов (каждый символ может принимать значение 0 или 1). В адресном и информационных словах эти 14 символов разделяются на 8 информационных и 6 контрольных (избыточных). Последние служат для защиты информации от искажений. Обнаруживаются искажения (ошибки) нечетной кратности, двукратные ошибки, а также свыше 90% всех возможных ошибок четной кратности, начиная с четырехкратных. Такой код называется корректирующим кодом с кодовым расстоянием $\alpha=4$.

Телекомплекс может работать по различным видам каналов связи. Обеспечивается работа со скоростями от 50 до 1200 Бод. Для повышения надежности передачи и приема информации ТИ - ТС возможна организация резервного канала связи. Входные и выходные линейные цепи обеспечивают гальваническую развязку от каналаобразующей аппаратуры.

Продолжительность цикла передачи информации зависит от скорости передачи импульсов по каналу связи и от информационной емкости устройства для параметров ТИ.

Для скорости 50 Бод минимальное время передачи одной группы ТС составляет 0,56, максимальное -3,92 с.

Время обновления параметра ТИ при 50 Бод для телекомплекса па 5 ТИ составляет 3,36 с, на 60 ТИ -21 с.

Для того чтобы уменьшить последнюю величину до 3,5 с, следует увеличивать скорость в канале до 300 Бод.

Входные цепи телекомплекса рассчитаны на подключение следующих источников информации: ТИ - датчиков с выходным сигналом от 0 до 5 мА или от -5 до +5 мА соответственно на сопротивлении 1 или 0,5 кОм; ТС - замыкающих или размыкающих контактов датчиков состояния контролируемых объектов; выходной сигнал от 10 до 20 мА бесконтактных датчиков на входном сопротивлении соответственно 200 и 100 Ом.

Предусмотрено гальваническое разделение цепей датчиков: ТС - в устройстве КП; ТУ - замыкающих контактов объектных ключей, расположенных на пульте или щите (по одному контакту па объект), и замыкающих контактов общих кнопок характера операции «включить» или «отключить»; ЭВМ - транзисторных ключей, расположенных в ЭВМ, для работы на нагрузку 800 Ом при напряжении 8 В в устройстве ПУ; предусмотрена передача двух команд от ЭВМ к устройству ПУ: активизации интерфейса и запроса передачи ТС.

Спорадический метод передачи информации ТС имеет два недостатка, которые устранены в МКТ-3. В целях периодической проверки исправности общих и индивидуальных узлов ТС через каждые 8 посылок ТИ передается 1 посылка ТС. Таким образом постепенно передаются все посылки ТС. Совокупность указанных посылок образует квазицикл передачи информации ТС. Его продолжительность зависит от объема информации ТС и скорости передачи импульсов по каналам связи. Чтобы исключить потерю информации ТС при искажениях в канале связи, применена передача ТС с решающей обратной связью - при приеме посылки ТС устройство ПУ передает адресную квитанцию, которая принимается устройством КП. При отсутствии квитанции аппарат КП вновь повторяет передачу информации, и по истечении определенного времени, если поврежден обратный канал, комплекс постепенно переходит в режим циклической передачи ТС.

Достоверность приема информации при телеуправлении обеспечивается следующими факторами:

- применением комплектного кода и пошагового способа синхронизации;
- двукратным повторением кодового слова при передаче и фиксацией правильности обоих слов;
- проверкой на ПУ и КП количества удлиненных импульсов и пауз;
- контролем продолжительности коротких и удлиненных импульсов и пауз;
- запретом воспроизведения команды ТУ при замыкании контактов реле управления в оперативной цепи управления.

Достоверность при телесигнализации и телеизмерении достигается применением специального корректирующего кода; контролем качества основного и резервного каналов с автоматическим переключением; запретом воспроизведения информации при высоком уровне помех в канале связи (при приеме менее 50% информации); запретом воспроизведения информации при

рассинхронизации и повреждении общих узлов; контролем минимального значения (25%) длительности элементарного импульса.

Помехоустойчивость обеспечивается также защитными свойствами линейных и общих логических узлов.

В телекомплексе МКТ-3 имеются узлы автодиагностики и сервиса. Так, например, в устройствах КП и ПУ имеется система циклического опроса исправности субблоков с автоматической регистрацией неисправного субблока.

Сервисный блок ПУ позволяет осуществлять набор кода по каждому временному каналу и отдельный ввод его без участия выходных узлов и связей ПУ с диспетчерским щитом, проверку выходных узлов и связей ПУ и вышестоящего КП, проверку работы ЭВМ.

Тот же блок на стороне КП позволяет осуществить поразрядную индикацию информационного кода по каждому каналу, принудительный набор кода по каждому каналу и ввод его и тракт передачи, индикацию на цифровом индикаторе десятичного значения информационного кода ТИ, номера неисправного субблока.

При включении напряжения питания основные узлы устройства устанавливаются в исходное состояние от узла установки. Работающий непрерывно генератор импульсов, выполненный с применением кварцевого резонатора на 144 кГц, формирует импульсы частотой (72, 36, 18 кГц), необходимые для работы узлов устройства. Импульсы генератора в соответствии с выбранным переключателем скоростью работы комплекса управляют работой распределителя стробов (РС). Распределитель стробов делит период тактового сигнала на 8 стробов. На каждом положительном фронте первого строба переключается распределитель тактов (РТ), делящий время одного канала на 14 тактов и формирующий тактовые сигналы ИТ-14Т. В состав РТ входят также схемы совпадения, образующие сигналы совпадения И четвертого строба и 14-го такта и седьмого строба и 14-го такта.

На каждом положительном фронте сигнала 5т (пятый строб) переключается распределитель тактов контрольных символов, управляющий работой узла образования контрольных символов. Для повышения надежности передачи информации ТИ в комплексе использованы два аналого-цифровых преобразователя АЦП1 и АЦП2, работающих по очереди. Преобразование измеряемой аналоговой величины (напряжения датчика ТИ) в код происходит в работающем преобразователе АЦП по команде от специального узла. Преобразование производится по методу поразрядного уравнивания.

Измеряемая величина (напряжение датчика ТИ) сравнивается в нуль-органе со ступенчато изменяющимся эталонным напряжением, образуемым цифро-аналоговым преобразователем ЦАП.

Последовательное подключение разрядов преобразователя производится по командам распределителя разрядов ТИ. Нуль-орган, фиксируя знак разности измеряемого и эталонного напряжений, управляет триггерами преобразователя ЦАП. После окончания преобразования в триггерах преобразователя ЦАП записан двоичный код - информационный код ТИ.

В устройстве телемеханики МКТ-3 представляется оригинальным линейный узел приема, который разрабатывался специально для этого устройства. На рис. представлена структурная схема этого узла.

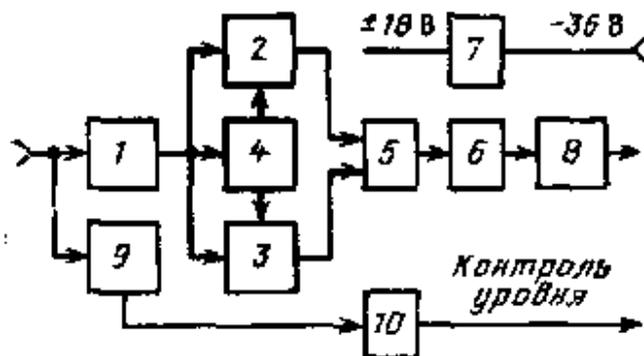


Рис. Функциональная схема линейного узла приема устройства МКТ-3

Из канала связи сигнал поступает на вход фильтра нижних частот 1. Одновременно сигнал поступает на вход узла контроля уровня 9. В качестве фильтра использован активный фильтр с операционным усилителем. Кроме функций фильтра узел выполняет роль усилителя с коэффициентом усиления, равным 2. С выхода активного фильтра сигнал поступает в три узла: в узел формирования уставок 4, в амплитудные компараторы 2 и 3.

На другие входы амплитудных компараторов поступают напряжения с соответствующих выходов формирователя уставок 4, которым вырабатывает два напряжения разной полярности. Значения этих напряжений по четверть меньше двойного амплитудного значения сигнала. Выходы компараторов подключены к отдельным входам триггера-формирователя 5, в коллекторные цепи которого включен оптрон 6. Последний осуществляет гальваническую развязку линейного приемного узла от остальной схемы устройства.

Выход оптрона подключен к входу микросхемы, выполняющей роль выходного формирователя сигналов 8.

Узел, осуществляющий контроль уровня сигналов 9, воздействует на реле 10, обеспечивающее гальваническое разделение схем.

Транзисторный преобразователь 7 обеспечивает питание амплитудных компараторов.

Аппарат ПУ МКТ-3.

Взаимодействие между функциональными узлами осуществляется по сигналам сопряжения, которые подразделяются на адресные, информационные, временные, командные и линейные.

Так же как и в схеме аппарата КП, для работы устройства ПУ предусмотрен генератор импульсов 144 кГц. С помощью делителя частоты выделяются частоты 72, 36, 18 кГц, а также высокая частота генератора тактовых импульсов (ГТИ), необходимая для получения тактовой частоты устройства. При включении аппарата ПУ формируется сигнал установки схемы в исходное состояние.

На входе аппарата ПУ установлены линейные узлы, выделяющие поступающие из линии связи сигналы, а также ограничивающие действие помех. Этот же узел согласовывает уровни сигналов в канале связи с входными сигналами.

Предусматривается защита аппаратуры от перенапряжений и гальваническая развязка с узлами логики.

Имеется возможность автоматического переключения приемного аппарата на один из двух каналов связи. К нему подключаются узлы общей логики.

В состав общей логики каждого направления входят следующие узлы: дискриминатор сигналов по длительности (ДД), формирователь фронтов (ФФ), узел синхронизации и распределитель стробов (УСРС), распределитель тактов (РТ), узлы приема кодового слова (УПК), регистр маркерного слова (РМС), дешифратор маркерного слова (ДМС) и ключи коммутации.

В дискриминаторе длительности импульсные посылки длительностью менее 30% нормальных бракуются, а затем импульсная серия поступает на вход формирователя фронтов, где каждый положительный и отрицательный фронт импульсной серии преобразуется в короткие импульсы, поступающие на вход УСРС. Узел УСРС предназначен для формирования последовательности тактовых импульсов, синхронных с принимаемыми из линии связи импульсными посылками. Синхронизация выполняется на каждом фронте изменением коэффициента деления промежуточного делителя частоты, входящего в состав узла синхронизации.

Одновременно делитель частоты осуществляет формирование рабочих стробов $1t-8t$, которые делят период тактового сигнала на 8 частей. Частота появления сигналов $1t-8t$ равна скорости передачи информации в канале связи.

Каждым сигналом $1t$ управляется распределитель тактов, выполненный на 14 позиций и формирующий тактовые сигналы $1T-14T$.

В момент формирования сигнала $1t$ происходит запись поступающей из линии связи информации в виде последовательного кода в РМС. Стробирование происходит в середине элементарной посылки. Как только в РМС будет обнаружена кодовая комбинация, соответствующая маркерному слову, так на выходе ДМС сформируется сигнал МС. При фиксации появления двух из трех маркерных слов за интервал времени, равный трем словам, происходит сброс РТ в исходное состояние.

Правильность приема адресных и информационных слов осуществляется УПК. Ввод информации в УПК осуществляется с первого элемента РМС.

Сигналы и команды, сформированные узлами общей логики каждого направления, поступают на вход ключей коммутации. После оценки состояния направлений узел переключения направлений выдает команду на открытие ключей лучшего по качеству направления. Информация, поступающая из линии связи подключенного направления, записывается в регистр последовательного ввода информации (РВИ).

Значения информационных символов адресного слова из РВИ переписываются в восьмиразрядный регистр адреса (РГА).

В результате приема адресного и информационного слов узлом формирователя разрешения считывания формируется команда разрешения считывания (РС) по принятому каналу. Длительность сигнала РС равна интервалу времени $1T-11T$ (т. е. от первого до одиннадцатого тактов). Количество сигналов РС в цикле определяется количеством принятых информационных слов.

Запрет на выдачу сигналов РС может быть наложен при приведении схемы в исходное состояние командой отмены разрешения считывания (КОРС) при рассинхронизации, а также сигналом от узла переключения направлений.

Устройство ПУ может работать в двух режимах; воспроизведение информационного кода, принятого с КП; воспроизведение информационного кода по выбранному каналу от узлов набора кода. Эти режимы могут быть обеспечены и для выходных узлов ТС - ТИ и для ЭВМ независимо друг от друга. Выбор режима осуществляется в узлах автодиагностики.

В результате приема адресного и информационного слов со сдвигом на одно слово по времени имеем: на адресных шинах $A2^0-A2^5$ - шестизрядный двоичный код адреса канала; на адресной шине $A2^6$ - функциональный признак телеинформации; на информационных шинах $I2^0-I2^7$ - информационный код для ТИ - двоичный, для ТС - позиционный (разряд 2^0 соответствует восьмому сообщению); команду разрешения считывания.

Для получения сигнала несоответствия при ТС и контроля исправности выходных индивидуальных узлов ТС и ТИ предусмотрены информационно-контрольные шины $ИК2^0-ИК2^7$, из которых поступает информация через ключи с выходных узлов

При положительном фронте сигнала $3T$ (третий такт) в узле сигнализации несоответствия и повреждения информация на шинах $I2^0-I2^7$ сравнивается с информацией на контрольных шинах $2ИК2^0-2ИК2^7$. Если имеется несоответствие, то выдается сигнал о приходе новой информации ТС (сигнал несоответствия между информацией, которая поступила из линии связи, и информацией, записанной в узлах памяти индивидуальных узлов). Для вывода принимаемой информации в ЭВМ предусмотрены узлы сопряжения с ЭВМ. Обмен между устройством и ЭВМ осуществляется через гальванически развязанные узлы.

Интерфейс устройства МКТ-3 - ЭВМ рассчитан на сопряжение с двумя параллельно работающими ЭВМ. Сигналы на адресные шипы $AM2^0-AM2^7$ и информационные шипы выдаются по команде активизации интерфейса, поступающей от ЭВМ. Для телеуправления предусмотрена спорадическая передача информации. Информация ТУ передается в виде команд. Команда ТУ состоит из 14 символов: стартового, символов выбора номера группы команд (5 символов), символа выбора номера объекта в группе команд, символа выбора характера операции и символа окончания команды.

В узлах ТУ применен пошаговый способ синхронизации. Символ 0 отображается в канале связи (на выходе и входе линейных узлов) импульсом и паузой одинаковой продолжительности t , символ 1 - импульсом

продолжительностью 4т (8т - для стартового импульса) и удлиненной паузой продолжительностью 4т.

Для выбора характера операции применен единичный позиционный код, для выбора номера группы и номера объекта в группе применен код по закону сочетаний C_5^2 . При таком построении кодового слова общее количество возможных двухпозиционных команд C_k определяется произведением количества команд выбора группы C_r на количество команд выбора объекта в группе C_o :

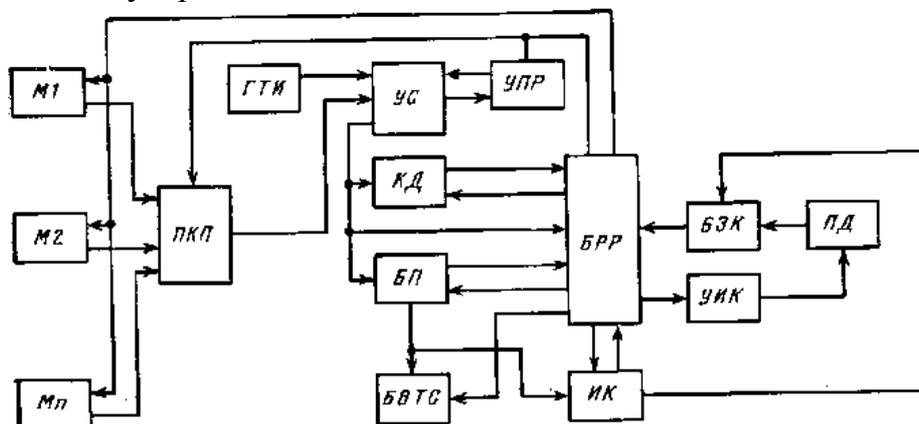
$$C_k = C_r C_o = C_5^2 C_5^2 = 100.$$

Из общего количества возможных команд используются для передачи информации ТУ 64 команды. Узлы ТУ содержат ряд защитных узлов, обеспечивающих высокую достоверность принимаемой информации.

Комплекс устройств телемеханики типа ТМ-120

Комплекс обеспечивает обмен информацией с 30 КП от одного общего ПУ. Соединение между КП и ПУ в энергетике выполняется по различным каналам связи. Для работы по ВЧ каналам комплекс имеет встроенные модемы. Используются некоммутируемые каналы с четырехпроводным окончанием. Скорость передачи может быть от 50 до 600 Бод. Обычно она устанавливается одинаковой и равной пропускной способности самого низкоскоростного канала. С каждого КП могут быть переданы телесигнализация (до 256 сигналов), телеизмерение текущих (ТИТ) значений (до 64 параметров, из них от датчиков с токовым выходом до 32; с кодовым выходом до 32) и телеизмерение интегральных (ТИИ) значений (до 8 параметров), статистическая информация (до 512 десятичных разрядов). С каждого КП возможна ретрансляция телеизмерения, число таких ТИ - до 160.

На каждый КП могут быть переданы команды ТУ двухпозиционными объектами (до 32), кодовые команды телерегулирования (до 8), команда вызова телесигнализации, команда ретрансляции управления па нижестоящую систему телемеханики. Основная погрешность ТИТ без учета погрешности датчика и выходного прибора составляет при цифровом воспроизведении $\pm 0,6\%$, при аналоговом $\pm 1\%$. В комплексе используется кодоимпульсный метод передач сигналов с временным разделением информации. На рис. приведена структурная схема устройства ПУ.



М1-Мк - модемы; ГТИ - генератор тактовых импульсов; БВТС - блок воспроизведения ТС; ИК - интерфейсные карты; ПД - пульт диспетчера

Рис. Структурная схема устройства ПУ телекомплекса ТМ-120

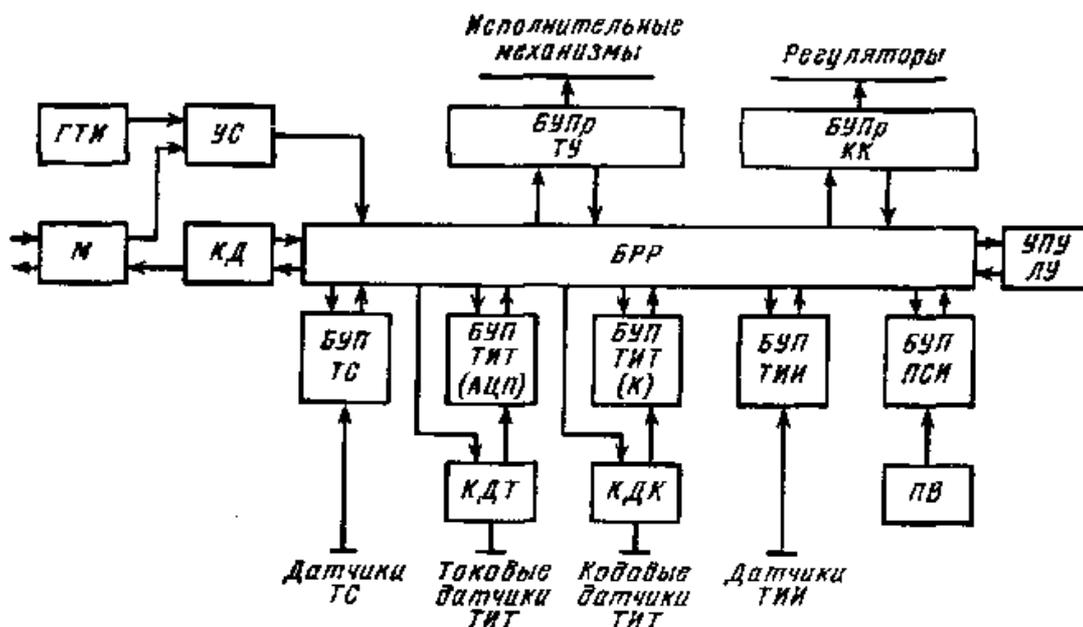
Режим работы зависит от блока режима работы (БРР). Последний реализует циклический вызов ТИТ, ТИИ. Для выявления заявок на передачу ТС аппарат ПУ периодически осуществляет опрос КП. Команды ТУ поступают в блок задания команд БЗК. Правильность передаваемой команды контролируется с помощью узла индикации команд УИК.

Переключатель каналов приема ПКП подключает узел синхронизации по тактам с инерционным управлением УС к одному из модемов М. Одновременно БРР подключает соответствующий выбранному КП регистр узла памяти рассогласования УПР, который запоминает значение разности фаз между генератором ПУ и генератором КП. Величина рассогласования в кодовой форме поступает в регистр УС, и, таким образом,, уменьшается время вхождения в синхронизм.

Поэлементный прием кода осуществляется методом строби-рования. Узел КД - кодер-декодер циклического кода работает в режиме декодирования. Он обнаруживает ошибки и контролирует по паритету каждый байт.

Блок БРР принимает с КП адрес передаваемого сообщения, сравнивает его с адресом переданного. В результате производится проверка адреса при информационной обратной связи. Принимаемые сообщения вводятся в блок памяти БП.

На рис приведена структурная схема устройства КП.



БУПр ТУ и БУПр КК- блоки управления приемом ТУ я кодовых команд; УПУ ЛУ - устройство ПУ линейного узла; БУП - блоки управления передачей; ТС - телесигнализации, ТИТ (АЦП) и ТИТ (К) - телеизмерений текущих значений от токовых и кодовых датчиков, ТИИ - телеизмерений интегральных значений; ПСИ - производственной статистической информации; ПВ - пульт ввода.

Рис. Структурная схема устройства КП телекомплекса ТМ-120

Поступающие с ПУ сигналы после модема подаются на узел синхронизации по тактам УС. Сюда же поступают сигналы от генератора тактовых импульсов ГТИ. Так же как и в аппарате ПУ, подстраиваются фаза и

частота сигналов, и далее реализуется стробирование поступающих сигналов из модема. Кодер-декодер на стороне КП работает в режиме кодирования, т. е. вся информация, отправляемая на ПУ, делится на образующий полином и результат деления досылается в канал непосредственно за передаваемой информацией.

Изменение состояния двухпозиционных объектов ТС обнаруживается специальным узлом БУП ТС. Этим же узлом реализуется вызов ТС с ПУ. Блоки БУП ТИТ (АЦП) и БУП ТИТ (К) осуществляют передачу ТИТ от токовых и кодовых датчиков. Токовые датчики подключаются коммутатором КДТ, кодовые датчики - коммутатором КДК.

Вызов известительной информации (ТИТ, ТИИ, ТС) выполняется посылкой от ПУ к КП четырехбайтной кодовой посылки.

В первом байте передается код синхронизации КС (для подстройки ГТИ). Во втором байте три первых бита кодируют «код начала» КН, а остальные пять - адрес КП в двоичном коде. В третьем байте первыми четырьмя битами кодируется функциональный адрес (ТС, ТИТ, ТИИ) и т. п., а последующими четырьмя битами - номер группы. В четвертом байте также передается КС.

Структура передачи управления и кодовых команд следующая. Первые три байта - такие же, как и при известительной сигнализации, но в четвертом байте вместо кода КС передается позиционный (распределительный) код объекта в группе или же значение кодовой уставки в группе (при ТР), Передача команды повторяется через выдержку времени, и при совпадении команд КП отправляет на ПУ сигнал решающей обратной связи, состоящий из двух байтов синхрокода КС и адреса КП. В ответ на вызов известительной информации с КП возвращается адрес, состоящий из трех байтов, и одна группа информационного сообщения ТИТ, ТИИ или ПСИ. Длина группы может изменяться от одного до 16 байтов. Группа заканчивается байтом «конец», после чего следует защита циклического кода ЗЦК - 1 байт. Каждый байт передаваемых сигналов защищается по паритету. Байт «конец» в отличие от других сообщений, защищаемых на нечетное число единиц, дополняется в девятом разряде до четности.

Система телемеханики ТМ-320

Система ТМ-320 работает по выделенным двухпроводным линиям связи радиально-цепочечной структуры. Коллективом авторов (Я. В. Лурье, Е. К. Мокрушиным, В. С. Шиловым) была разработана программа реконструкции ТМ-320, позволившая применять ее на ВЧ каналах телемеханики. В результате ТМ-320 на протяжении нескольких лет внедряется в ряде энергосистем.

Система ТМ-320 имеет один общий приемный аппарат ПУ, к которому в варианте радиальных ВЧ каналов, а также проводных может быть подключено до 32 контролируемых пунктов. Следует отметить, что реконструкция исключает подключение цепочечного ВЧ канала. С каждого КП может быть передано до 56 телесигналов положения двухпозиционных объектов. На каждый КП могут передаваться команды ТУ (либо ТР) 48 объектами. Команда ТУ может быть использована для вызова двух датчиков текущих телеизмерений.

Общий приемный аппарат ТМ-320 занимает весьма ограниченную площадь в помещении аппаратного зала и в этом отношении превосходит системы телемеханики с индивидуальным ПУ на каждый КП (ТМ-512, МКТ-1, МКТ-2 и т. п.).

Принцип работы системы ТМ-320 сводится к следующему. В аппарате ПУ имеется единственный распределитель тактовых импульсов, который при отсутствии заявок со стороны КП (хотя бы одного) или факта использования диспетчером-оператором системы для ТУ или ТР, ВТИ не подключен ни к одному из линейных узлов. Заметим, что для каждого направления (радиуса) имеется отдельный линейный узел, выполненный конструктивно в виде одного субблока (платы).

Со стороны КП в канал телемеханики подается напряжение, которое и при радиальном проводном канале, и при ВЧ канале присутствует на входе линейного узла (ЛУ) таким образом, что первый транзистор ЛУ (входной) открыт. При отсутствии этого напряжения вследствие заявки с КП (допустим, там произошло переключение ТС) входной транзистор закрывается, что в конечном итоге приводит к подключению общего распределителя тактовых импульсов к данному каналу связи. Происходит сеанс связи ПУ-КП-ПУ.

Пункт управления в этом сеансе посылает синхронизирующий импульс разрешения передачи с КП телесигнализации (или телеизмерения). Начиная с пятого такта ПУ принимает информацию от КП и помещает ее в промежуточную память. При совпадении информации, принятой от КП в двух циклах подряд, ПУ делает вывод о том, что информация достоверна, и выдает ее по выходные блоки для воспроизведения на щите диспетчера. Одновременно ПУ посылает в следующем цикле на третьем такте импульс квитанции. Последний воспринимается КП и тот, в свою очередь, восстанавливает напряжение. В результате линейный узел данного КП (на стороне ПУ) отключается от общего распределителя импульсов. Схема готова обслужить следующее направление, имеющее запрос связи.

Реконструкция аппаратуры ТМ-320 для работы по ВЧ каналам сводится к следующему: в субблоках линейных узлов вместо двухпроводного канала дуплексной связи организуется четырехпроводный, при этом изменяются параметры некоторых резисторов для сопряжения со стандартной аппаратурой тонального уплотнения; в аппаратуре КП переставляются на один такт провода, отходящие от распределителя тактовых импульсов; назначение этого ремонта - компенсация задержки, вносимой фильтрами аппаратуры ВЧ канала телемеханики.

Защита информации от помех в линии связи производится повторением. При отсутствии совпадения информации в двух циклах подряд аппарат ПУ продолжает вместо квитанции посылать в сторону КП синхроимпульс и сиг-пал разрешения передачи. Если в течение 12 циклов так и не будет совпадения в 2 циклах подряд, сработает узел, который зажжет табло «повреждение устройства ТМ-320». Неисправное направление отключает диспетчер ключом на пульте, после чего комплекс вновь готов к работе с другими направлениями. Все виды передаваемой информации преобразуются в кодовую форму и

передаются 8-разрядными посылками; 22 такта от синхроимпульса до синхроимпульса образуют цикл.



Рис. Диаграмма использования тактов распределителя в устройстве ТМ-320

Вертикальными линиями на рисунке показаны границы тактов. Верхняя часть диаграммы относится к ПУ, нижняя - к КП. Длительность информационных сигналов равна половине такта. Сигналы передаются в первой половине такта, а принимаются во второй. Длительность синхроимпульса равна полутора тактам. Его выделение на стороне КП реализуется аналоговым способом (РС-цепь). На такте 4 передается от ПУ к КП импульс разрешения передачи ТС. КП в ответ на этот импульс на тактах 5, 6 передает свой номер в цепочке (от одного до трех) на тактах 7, 8 - функциональный адрес вида информации, т.е. ТС или ТИТ, на тактах 9-12 передается номер группы ТС или ТИТ (четыре разряда двоичного кода), на тактах 14-21 передается распределительным кодом информация ТС либо двоичным 8-разрядным кодом информация ТИТ.

При передаче команд ТУ от ПУ в сторону КП на тактах 5-8 формируется код функционального адреса, а на тактах 9-12 - код номера группы. На тактах 14-21 передается в режиме ТУ (ТР) номер объекта управления. Такты 13 и 22 не используются.

Команды ТУ (ТР) формируются ключами или кнопками, размещенными на пульте (щите). При изменении положения любого ключа образуются импульсные сигналы, соответствующие номеру КП, группе объектов и объекту в группе. Адрес объекта воспринимается соответствующим линейным узлом ПУ. Номера группы и объекта в группе запоминаются в блоке управления передачей команд БУПд ТУ, в котором содержатся элементы для проверки отсутствия искажений в принятой команде и для формирования последовательного двоичного кода номера группы и позиционного кода номера объекта в группе. Передача последовательного кода начинается после нажатия кнопки характера команды «включить» или «отключить». Передача кода продолжается до получения с КП сигнала «квитанция». Выходная цепь на КП удерживается в замкнутом состоянии 2-3 с.

Устройство ТС-ТИ типа ТМ-512

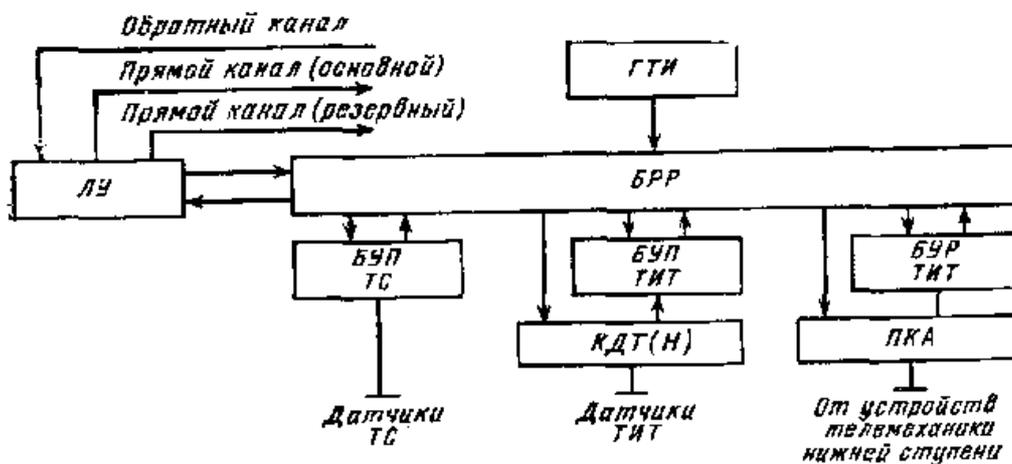
Комбинированное устройство типа ТМ-512 обеспечивает спорадическую передачу ТС, циклическую передачу ТИ, ввод ТИ в ЭВМ, ретрансляцию ТИ и ТС, передачу с ПУ на КП запроса на ТС от диспетчера и ЭВМ и автоматическую сигнализацию неисправностей основных узлов и блоков устройства.

Устройство рассчитано на работу по любому каналу связи для телемеханики.

Устройство типа ТМ-512 состоит из полукомплектов КП и ПУ (рис.) и блока воспроизведения параметров ТИ и ТС (ВТИС).

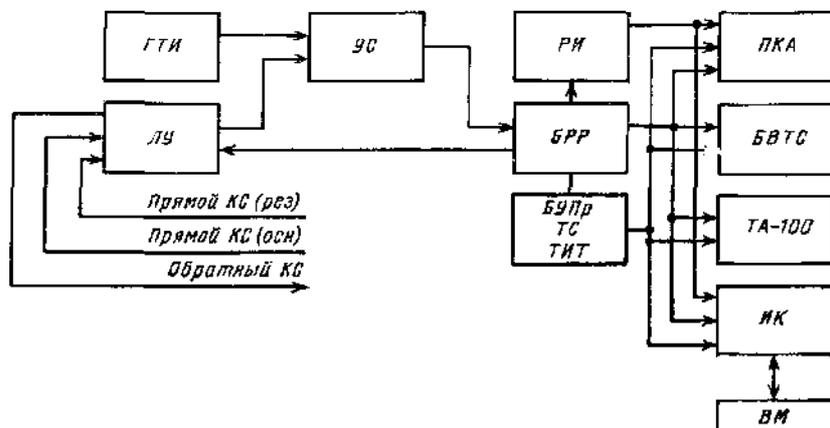
Полукомплект КП осуществляет передачу 60 параметров ТИ и до 480 сигналов ТС.

Полукомплект ПУ и блок ВТИС обеспечивают воспроизведение параметров ТИ на аналоговые приборы (ток от 0 до 5 мА) при сопротивлении нагрузки от 0 до 2,5 кОм и сигналов ТС на -сигнальных табло.



ПКА - преобразователь код-аналог; БУР (ТИТ)-блок управления режимом ТИТ; ЛУ-линейный узел; ГТИ - генератор тактовых импульсов; КДТ (Н)- коммутатор датчиков токов и напряжение.

Рис. Структурная схема устройства КП комплекса ТМ-512



ТА-100 - специализированная ЭВМ; ИК- интерфейсные карты для связи с ЭВМ; ВМ - вычислительная машина; остальные обозначения приведены ранее.

Рис. Структурная схема устройства ПУ комплекса ТМ-512

Передача информационных посылок производится в следующем порядке: при отсутствии запроса на передачу телесигнализации и наличии дуплексного канала полукомплект КП работает в режиме циклической передачи групп ТИ; передача группы ТС чередуется с передачей очередной группы ТИ до получения квитанции о правильном приеме группы ТС:

При обрыве обратного канала связи (с ПУ на КП) или при наличии только симплексного канала связи полукомплект КП работает в режиме циклической передачи групп ТИ и ТС.

Передача ТИ и ТС осуществляется с КП на ПУ - в кодовой форме байтами по 8 бит в каждом. При передаче ТИ 1 байт соответствует одному параметру; при передаче ТС 1 байт передает состояние восьми объектов. Вес байты группируются в посылки. Каждая посылка содержит информацию об одной группе ТИ или ТС. Кодам ТИ и ТС в посылке предшествуют служебные коды: код начала и код адреса. Код начала содержит семь единиц в младших разрядах 01111Ш. Код адреса содержит четыре бита функционального адреса (вида информации) и четыре бита номера группы ТИ и ТС. Для передачи ТИ используется один функциональный адрес (код 0101). Весь объем информации ТС разбит на 4 массива по 15 групп ТС в каждом. Поэтому для передачи ТС может использоваться до четырех функциональных адресов с кодами 1000, 1001, 1010, 1011. Номера групп ТС кодируются двоичными числами от 0001 до 1111.

Для повышения достоверности передачи в устройстве используется защита кодов методом повторения с инверсией. Не повторяется только код начала. При повторении адресного бай. та символы (элементарные сигналы) повторной комбинации инвертируются в случае наличия нечетного числа единиц в основной комбинации. При повторении информационных байтов символы повторной комбинации инвертируются в случае наличия четного числа единиц в основной комбинации. Практически здесь объединены два метода защиты: повторение кода и контроль четности. Поэтому в устройстве исключается ложный прием при искажениях одного, двух или трех символов в основном и повторном байтах. Из четырехкратных ошибок не обнаруживаются только такие, которые искажают пары символов, занимающих одинаковые позиции в основной и повторной комбинациях.

Устройство выполнено на типовых функциональных блоках агрегатной системы средств телемеханики (АССТ), построенных в основном на интегральных микросхемах. Устройства типа ТМ-512 выпускаются серийно.

Аппаратура телемеханики с элементами оптоволоконной техники

Целесообразность разработки и внедрения многофункциональных устройств телемеханики с элементами оптоволоконной техники обусловлена следующими положениями: высокой надежностью устройств передачи информации по оптоволоконному кабелю; высокой помехозащищенностью оптоволоконных систем передачи информации в отношении электрических помех и различных электромагнитных влияний; наличием полной электрической развязки между передатчиком и приемником информации за

счет использования для связи оптоволоконного кабеля; возможностью передачи больших объемов информации с высокой скоростью передачи, достигающей сотен тысяч килобит в секунду; высокими экономическими показателями, обусловленными отказом от использования обычных кабелей связи.

Принцип работы многофункциональной системы ТУ - ТС - ТИ рассмотрим на примере системы, структурная схема которого приведена на рис.

В состав системы входят устройство связи с объектом контроля УСО, устройство связи с ЭВМ пункта управления УСЭ и три симплексных системы оптоволоконной связи СП1-СП3.

Рассматриваемая система ТМ, работающая совместно с ЭВМ пункта управления, обеспечивает:

- передачу со стороны ЭВМ на объект контроля 64 команд ТУ;
- передачу со стороны объекта в ЭВМ пункта управления 1024 ТС;
- передачу со стороны объекта в ЭВМ 128 аналоговых сигналов ТИ.

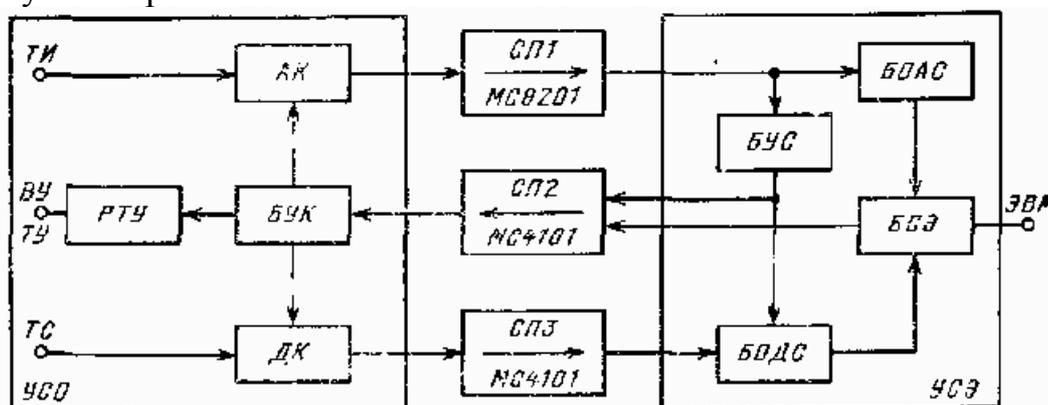


Рис. Структурная схема устройства телемеханики с элементами оптоволоконной техники

Связь ЭВМ с устройством осуществляется через блок связи БСЭ, расположенный в УСЭ. Кроме этого блока в УСЭ располагается блок управления БУС, блок обработки аналоговых сигналов БОАС и блок обработки дискретных сигналов БОДС.

Устройство связи УСО, устанавливаемое на объекте контроля, содержит блок управления коммутацией БУК, распределитель команд телеуправления РТУ, коммутатор аналоговых сигналов телеизмерения АК и коммутатор дискретных телесигналов ДК. Синхронная работа элементов УСО и УСЭ обеспечивается передачей сигналов синхронизации от БУС УСЭ через систему связи СП2 на вход БУК, который управляет работой узлов УСО. По этой же системе связи от ЭВМ через БСЭ передаются команды ТУ оборудованием объекта и команда вызова нужного объекта ТС. Сигналы ТУ через БУК и РТУ поступают на исполнительное устройство заданного объекта управления в соответствии с переданным адресом.

Коммутатор дискретных телесигналов ДК обеспечивает подключение к СП3 1024 объектов телесигнализации. Передача ТС с объекта осуществляется спорадически в те моменты, когда контролируемый объект изменил свое

состояние. Наличие команды вызова заданного объекта контроля позволяет проверить его состояние в любой момент времени. Коммутатор ДК циклически опрашивает объекты контроля. При появлении новой информации она передается с выхода ДК через СПЗ на вход БОДС. После обработки информации ТС в БОДС она через БСЭ поступает в ЭВМ. Коммутатор АК циклически обегает 128 датчиков ТИ и поочередно подключает их к СП1. Датчики ТИ рассчитаны на выдачу аналогового сигнала 0-5 мА или от -5 до 5 мА. Система передачи информации СП1 рассчитана на передачу аналоговых сигналов, поэтому в составе ее передатчика имеется аналого-цифровой преобразователь, обеспечивающий превращение аналогового сигнала в цифровой сигнал. С выхода СП1 через БОАС и БСЭ сигналы ТИ в цифровой форме поступают в ЭВМ пункта управления.

В качестве систем связи между УСО и УСЭ используются выпускаемые промышленностью устройства оптоволоконной связи «Электроника МС8201» и «Электроника МС4101». Система СП1 выполнена на МС8201, специально разработанной для передачи аналоговой информации, а системы СП2 и СП3 выполнены на МС4101, предназначенных для передачи дискретной информации.

В рассматриваемых устройствах широко используется мультиплексорный способ временного уплотнения. Сущность этого способа поясняется рис. а, где представлена упрощенная структурная схема мультиплексорной системы связи, предназначенной для передачи информации от трех датчиков по одному каналу связи КС. Элементами схемы являются трехходовый мультиплексор М, демультиплексор ДМ с тремя выходными шинами и три узла промежуточной памяти УП1-УП3, включенных в эти шины. Временные диаграммы б, в и г соответствуют дискретным сигналам, поступающим на вход М, соответственно по шинам 1, 2 и 3.

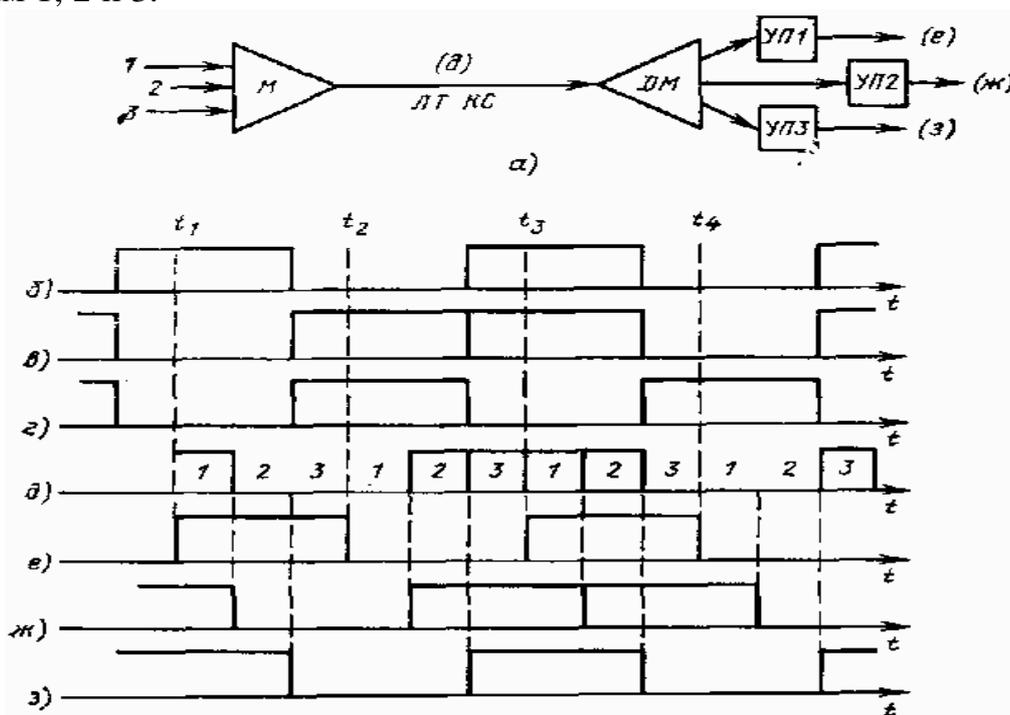


Рис. Метод мультиплексорной передачи

В мультиплексоре осуществляется считывание информации-с входных шин, запоминание этой информации в параллельном коде, преобразование сигналов параллельного кода в сигналы последовательного кода и передача этих сигналов в канал связи.

Временная диаграмма на рис. соответствует импульсной, серии, передаваемой по каналу связи. Демультимплексор ДМ - воспринимает информацию в последовательном коде и запоминает ее в параллельном коде. Принятая информация через УП1-УП3 поступает к трем приемникам информации (1-3). На временных диаграммах рис. д - ж показаны сигналы, получаемые соответственно, первым, вторым и третьим приемниками информации. По форме (и содержанию) эти сигналы полностью соответствуют сигналам передатчиков (рис. б - г).

Таким образом, мультиплексорная система обеспечила передачу информации от трех датчиков трем приемникам информации по одному каналу.

Структурная схема системы оптоволоконной связи типа МС4101 приведена на рис. В состав системы входит передатчик-преобразователь ПДП (см. рис.а), приемник-преобразователь ПМП (см, рис. б) и оптоволоконный кабель ОВК.

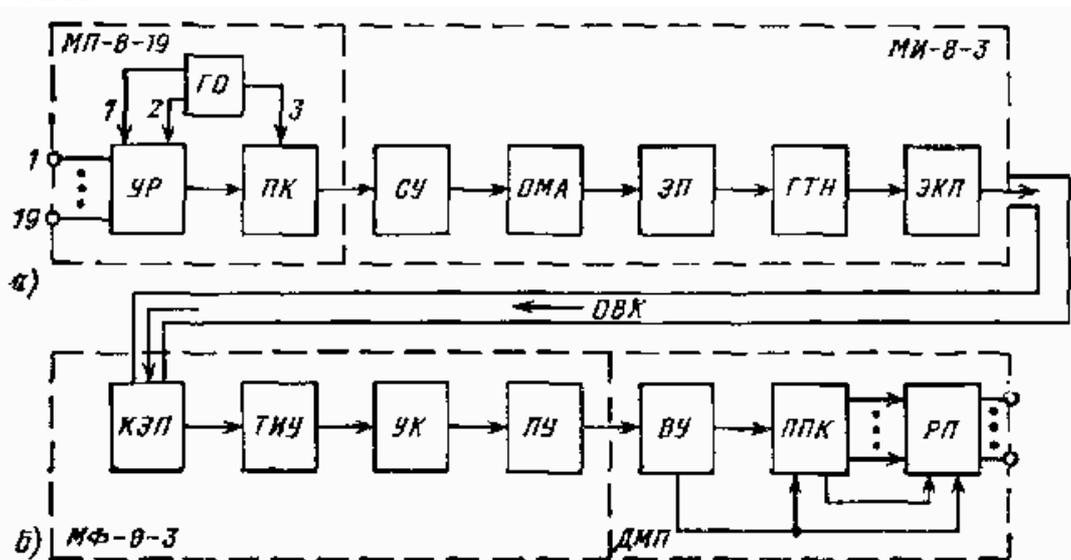


Рис. Система оптоволоконной передачи «Электроника МС4101»

Передатчик-преобразователь состоит из двух блоков - мультиплексора МП-8-19 и передатчика МИ-8-3. Мультиплексор МП-8-19 содержит универсальный 19-канальный распределитель УР, преобразователь кода ПК и управляющий генератор ГО. Узел МП-8-19 обеспечивает преобразование сигналов, поступивших па вход УР в параллельном коде, в сигнал последовательного кода, который с выхода МП-8-19 поступает на вход узла МИ-8-3. Элементами этого узла являются согласующий усилитель СУ, ограничитель максимальных амплитуд ОМА, эмиттерный повторитель ЭП, генератор тока на ГТН и электронно-квантовый преобразователь ЭКП.

Передатчик МИ-8-3 обеспечивает превращение электрического сигнала, поступающего от МП-8-19, в световой сигнал той же формы и передачу

светового сигнала на вход ОВК Световой сигнал с выхода ОВК (см. рис.а) поступает на вход блока МФ-8-3 приемного устройства ПМП. Кроме блока приемника светового сигнала МФ-8-3 ПМП содержит блок демультиплексора ДМП.

Блок МФ-8-3 обеспечивает прием светового сигнала и преобразование его в электрический сигнал. В состав МФ-8-3 входят квантовоэлектронный преобразователь КЭП, преобразователь тока ТПУ, корректирующий усилитель УК, пороговое устройство ПУ. Принятая МФ-8-3 информация в виде электрических сигналов последовательного кода с выхода ПУ поступает на вход блока ДМП, который преобразует эти сигналы в сигналы параллельного кода. В блоке ДМП располагаются входной усилитель ВУ, преобразователь последовательного кода в параллельный код ППК и регистр памяти РП с 19 выходными шинами (1 -19). Рассмотрим весь процесс передачи информации. Формат данных в виде электрических сигналов 0 и 1 поступает по 19 шинам (1 - 19) на вход УР передающего устройства (см. рис. а). От генератора ГО, управляющего работой УР и ПК, поступают сигналы управления: тактовая частота 8 МГц и импульсы записи с переходом 2,5 и 5 мкс - на УР и тактовая частота 16 МГц - на тактовый вход ПК. В момент импульса записи информация с шип 1 - 19 списывается в регистр УР. Под воздействием тактовых импульсов эта информация в УР преобразуется из параллельного кода в серию импульсов последовательного кода, удобного для последующего преобразования сигналов. В узле ПК этот код преобразуется в линейный код.

Выбор типа линейного кода обусловлен стремлением максимально повысить достоверность передачи сигналов по оптоволоконному кабелю. Использование указанного кода обеспечивает передачу сигналов при возможности появления ошибки не более 10^{-9} .

Импульсная последовательность с выхода ПК через согласующее устройство СУ, ограничитель амплитуд ОА и эмиттерный повторитель ЭП поступает на ГТН, который управляет работой излучателя света электронно-квантового преобразователя ЭКП. В качестве излучателя света используется светодиод ИЛПН-30-1-1.

С выхода ЭКП передаваемая информация в виде кодированной последовательности световых импульсов через ОВК поступает на вход квантово-электронного преобразователя КЭП приемного устройства (см. рис. б). В качестве КЭП используется фотодиод типа ПОИ1.

Фотодиод преобразует импульсы света в импульсы постоянного тока, которые усиливаются широкополосным усилителем ТИУ, а затем усилителем УК. Пороговое устройство ПУ, выполненное по схеме триггера Шмитта, обеспечивает формирование импульсов и выдачу их в уровнях ТТЛ (2,4 и 0,25 В). Входной усилитель ВУ блока ДМП, воспринимая импульсную серию в коде «Манчестер», выполняет три функции:

- выделяет из серии принятых сигналов тактовую частоту 8 МГц;
- передает сигналы тактовой частоты на тактовые входы узлов ППК и РП;
- преобразует информационные сигналы из кода «Манчестер» в код NRZ и
- передает их на вход преобразователя параллельного кода ППК.

Узел ППК осуществляет проверку достоверности принятой информации и после приема всей серии последовательных сигналов (приема кадра) вырабатывает импульс записи и передает его на управляющий вход регистра памяти РП.

При наличии импульса записи информация с ППК под воздействием тактовых импульсов переписывается в соответствующий регистр РП и с него передается на выходные цепи приемного устройства.

Оптоволоконная система связи типа МС8201, предназначенная для передачи аналоговых сигналов, отличается от системы МС4101 только наличием аналого-цифрового преобразователя в блоке передачи аппаратуры.

СОВРЕМЕННЫЕ СРЕДСТВА ТЕЛЕМЕХАНИКИ И СИСТЕМА ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ ФИРМЫ «АББ РЕЛЕ-ЧЕБОКСАРЫ» В АСУ АО ЭНЕРГО

Предлагаемая ООО «АББ Реле-Чебоксары» система управления охватывает все уровни энергосистемы: энергосистема — ПЭС — РЭС — подстанция. На уровне энергосистемы для решения диспетчерских задач применяется система MicroSCADA и интегрированное с ней прикладное ПО EMS для решения задач планирования режимов работы и оценки состояния энергосистемы. На уровнях ПЭС, РЭС и кустовых подстанциях в диспетчерских центрах применяется система управления сетями на базе MicroSCADA, в качестве ее составной части функционирует система коммерческого учета электроэнергии. На базе MicroSCADA также работает ПО Ореп++ (графическая информационная система для распределительных сетей), позволяющая вести базу данных по оборудованию, проводить расчеты, моделировать переключения, отслеживать работу оперативно-выездных бригад, отображать режим и коммутационную схему сети на фоне карты местности в реальном времени. На уровне подстанции (в том числе МТП, КТП, ТП, РП) устанавливаются удаленные микропроцессорные устройства телемеханики (контроллеры процесса) RTU211/232, цифровые терминалы релейной защиты, микропроцессорные счетчики электроэнергии ALPHA, система управления подстанцией на базе системы диспетчерского управления MicroSCADA.

СИСТЕМА MICROSCADA MicroSCADA — торговое название одного из программных продуктов концерна АББ, получившего за последнее десятилетие широкое применение во всем мире (около 1300 инсталляций более чем в 40 странах) в АСДУ энергосистем и энергообъектов на базе персональных компьютеров (ПК) и микропроцессорной техники. Система MicroSCADA предназначена для построения открытых, гибких, легко расширяемых одно- и многоуровневых систем управления распределительными сетями в области энерго- и электроснабжения. Разработка и усовершенствование отдельных компонент системы MicroSCADA с ориентацией на различные прикладные области применения ведутся в ряде производственных центров АББ, расположенных в Швеции, Швейцарии, Германии, Дании и Финляндии, начиная с 1984 г. Последняя версия системы MicroSCADA (версия 8.4.2.), функционирующая на базе операционной системы Microsoft Windows NT, разработана компанией «ABB Substation Automation

Оу» (города Хельсинки, Тампере Вааса). Система MicroSCADA аттестована Госстандартом РФ на соответствие типу средств измерения и зарегистрирована в Госреестре средств измерений под номером 19047-99.

Архитектура системы управления MicroSCADA

Структура системы управления некоторой распределительной сетью, построенной на основе технологии MicroSCADA, как правило, содержит следующие подсистемы и устройства: подсистему верхнего уровня, подсистему нижнего уровня и устройства связи, которые объединяют подсистемы в информационно-вычислительный комплекс. Подсистема верхнего уровня, расположенная в диспетчерском центре (ДЦ), включает: сервер базовой системы MicroSCADA; сервер прикладных программ; графические рабочие станции операторов (в том числе удаленные); периферийное оборудование (принтеры, устройства аудио, видео-сигнализации, внешние часы, мнемощит и т.п.); фронтенды (Серверы связи), которые связаны локальной вычислительной сетью (ЛВС). Сервер базовой системы и Сервер связи могут быть резервированными. Сервер прикладных программ и Сервер связи могут быть интегрированными с Сервером базовой системы.

Подсистему нижнего уровня образуют устройства процесса: удаленные терминалы (RTU), программируемые логические контроллеры (PLC), устройства телемеханики (УТМ), релейные устройства и т.д.

Связь подсистем верхнего и нижнего уровней осуществляется с помощью устройств дистанционной связи (линии и каналы связи, модемы, адаптеры и т.п.). В случае иерархической структуры управления системы MicroSCADA диспетчерские центры могут связываться в единую информационную сеть через фронтенды и устройства дистанционной связи. Сеть MicroSCADA может подключаться к другим ДЦ, базирующимся на оборудовании другого исполнения.

Функции системы MicroSCADA Программируемая система контроля и управления распределительной сетью (подстанцией) MicroSCADA обеспечивает выполнение следующих базовых функций: сбор и первичная обработка информации телеконтроля (ТС и ТИ) от устройств процесса; организация и ведение оперативной базы данных (БД) процесса, обновляемой в темпе процесса; дополнительная обработка информации, расчеты, формирование ретроспективных отчетов и сохранение их в специальной неоперативной БД; контроль за состоянием объектов управления, формирование предупреждающих и аварийных сигналов и сообщений, управление событиями и аварийными сигналами; ручной ввод данных и команд управления с помощью средств человеко-машинного интерфейса; формирование и передача команд телеуправления устройствам процесса с предварительной проверкой возможности операций; выполнение автоматических процедур управления по заданным условиям; контроль и управление доступом пользователей системы; автоматическая самодиагностика состояния оборудования системы управления, устройств связи и устройств процесса; автоматизация ведения оперативной диспетчерской документации установленной формы; обеспечение обмена информацией с другими

программными пакетами, БД и АСУ на данном или верхнем уровне управления; системное обслуживание и администрирование системы; графический интерфейс пользователей для взаимодействия с системой управления и с управляемым процессом, построенный по стандартам Windows; циклическая синхронизация системного времени; ряд других функций.

Базовые функции системы управления реализуются стандартным программным обеспечением (ПО) базовой системы MicroSCADA. Дополнительные необходимые пользователям функции могут быть включены в систему из библиотек стандартных функций LIB5XX) реализованы с помощью языка программирования SCIL или обеспечены за счет использования стандартных прикладных пакетов программ производства АББ, а также других разработчиков, благодаря модульной структуре ПО и открытости системы.

Прикладные пакеты Integra и Opera (Open++) реализуют следующие специальные функции в задачах планирования и управления работой электрических распределителей среднего (СН) и низкого (НН) напряжений на базе системы MicroSCADA: графическое отображение сети в виде цветной оперативно конфигурируемой и масштабируемой топологической схемы, привязанной к географическим координатам, с возможностью использования в качестве фона географической карты местности, с простым механизмом навигации по сети и панорамированием; графический пользовательский интерфейс с использованием топологической и однолинейной схем сети, однолинейных диаграмм подстанций для управления данными и контроля за состоянием сети и ее элементов; формирование и ведение БД по первичному оборудованию сетей СН и НН (с использованием СУБД MS Access или Oracle), содержащей паспортную, эксплуатационную, расчетную и справочную информацию; обеспечение ее отображения и использования в сетевых расчетах; формирование запросов к БД и составление отчетов с сортировкой и статистической обработкой данных, возможностью их просмотра, редактирования и передачи в MS Word или Excel; ведение технического учета потребляемой электроэнергии; выполнение сетевых расчетов в оперативном режиме, включая расчет потокораспределения, напряжений, потерь мощности и падения напряжения, токов короткого замыкания (КЗ), и отображение их результатов на различных графических образах сети; имитационное моделирование коммутаций в сети и контроль за изменением топологии и параметров режима сети (ток, напряжение) в качестве фонового процесса; динамическое окрашивание линий топологической схемы и шин однолинейных схем подстанций по заданным правилам в режимах реального времени и имитационного моделирования с учетом состояния коммутирующих аппаратов и значений параметров режима для упрощения визуального контроля за сетью; планирование и тестирование переключений в сети в аварийных ситуациях и нормальном режиме с проверкой уровня напряжений, ограничений элементов сети по нагреву и работы защит, используя режим моделирования; автоматизированная подготовка предусмотренного комплекта унифицированных по форме документов (заявок, разрешений, приказов, уведомлений и т.п.), связанных с выполнением работ на электроустановках;

локализация устойчивых повреждений (КЗ) в сети, определение вероятных мест КЗ и отображение их на схеме сети на основе измерений и расчетных данных; изоляция зоны повреждения путем оперативного планирования последовательности переключений на основе использования данных сети и эвристических моделей планирования; управление оперативно-выездными бригадами (ОВБ) с отслеживанием их местонахождения; автоматизация составления отчетов об аварийных и плановых отключениях в сети; ведение статистики повреждений и отключений оборудования по участкам, подстанциям и фидерам, и некоторые другие функции. За счет модульного принципа реализации функций в системе MicroSCADA при установке системы на конкретном объекте реализуется только необходимый набор функциональных возможностей, что позволяет найти оптимальное по стоимости решение.

Отличительные характеристики и свойства системы MicroSCADA. Приведенные ниже характеристики системы MicroSCADA версии 8.4.2. выгодно отличают ее от других SCADA-систем: высокая степень апробированности технологии построения АСДУ на базе системы MicroSCADA и базового программного обеспечения (более 1300 объектов, более чем в 40 странах); использование в качестве платформы широко распространенной, развиваемой и поддерживаемой операционной системы MS Windows NT, а в качестве аппаратной базы — стандартных персональных компьютеров и оборудования вычислительных сетей ведущих мировых производителей; высокие пределы допустимой емкости информационной модели процесса (более 200 млн. значений параметров с объемом памяти для БД 3,2 Гбайт), обновляемой в темпе процесса;

оригинальные развитые средства описания, регистрации, обработки, хранения информации в БД реального времени и ретроспективы, а также обмена данными между компонентами системы, основанные на использовании специальных логических понятий: объекты системы (9 типов), объекты процесса (8 типов), прикладные объекты (9 типов) и других и их статических и динамических характеристик (атрибутов);

многообразие вариантов наглядного графического отображения контролируемого процесса с использованием стандартных и специальных для прикладной области графических элементов и приемов (мнемо- и однолинейные схемы электрических соединений, граф топологии сети в масштабе и географических координатах, фон географической карты); возможность интеграции в единую информационно-управляющую систему компонентов MicroSCADA с имеющимися и новыми прикладными пакетами пользователя (АРМ, АСУ ТП, организационно-хозяйственными АСУ), а также обеспечение обмена данными с Windows-приложениями (MS Word, MS Excel и т.п.) и базами данных (Oracle и т.п.) за счет использования широкого спектра поддерживаемых протоколов и процедур обмена данными; специальные развитые средства интеграции с оборудованием нижнего уровня производства АББ (удаленными терминалами серии RTU, релейными терминалами серии SPACOM и REF, регистраторами повреждений серий SPEF и REC, счетчиками

электроэнергии ALPHA, дистанционно управляемыми выключателями нагрузки DTU и др.), что позволяет получить современное качество управления; поддержка параллельных независимых каналов связи с определением отдельного вида протокола для каждого канала, возможность оперативного и неоперативного выбора используемых линий связи; возможность стыковки с практически любыми устройствами телемеханики и контроллерами процесса зарубежных и отечественных производителей за счет использования: стандартных протоколов обмена, специальных адаптеров, разработки конвертеров протоколов; возможность подключения различных дополнительных диспетчерских средств отображения: мозаичных щитов, панелей индикации, проекционных систем и т.д.; полнота, детальность и выверенность документации по системе, обеспечивающие ускоренное освоение системы; обеспеченность методической и технической базы процесса обучения обслуживающего и эксплуатирующего персонала заказчика в учебных центрах АББ.

К числу характерных свойств системы, обеспечиваемых технологией системы MicroSCADA, можно отнести:

модульность структуры используемых аппаратных и программных средств, что обеспечивает возможность конфигурировать АСДУ на базе технологии MicroSCADA из оборудования и программного обеспечения разных производителей; адаптируемость к различным по виду и сложности контролируемым процессам, что позволяет применять систему во многих прикладных областях энергетики для контроля энергообъектов с широким диапазоном сигналов телеконтроля и телеуправления (от $n \times 10$ до $n \times 10000$); гибкость в отношении архитектуры и структуры аппаратного и программного обеспечения, что позволяет создавать иерархические многоуровневые системы управления с оптимальным составом программно-технических средств на каждом уровне исходя из набора выполняемых функций контроля и управления; мобильность аппаратных и программных средств — позволяет производить быстрый перенос и перенастройку системы при перемещении диспетчерского центра в пределах здания, города или региона — за счет отсутствия жестких связей с материалоемким и крупногабаритным оборудованием, а также за счет простоты адаптации к различным средствам и каналам связи; масштабируемость — дает возможность, установив начальную минимальную конфигурацию системы, в дальнейшем расширять и усложнять ее: наращивать аппаратное обеспечение, включая резервирование, устанавливать дополнительные функции ПО, расширять и модернизировать БД силами специалистов Заказчика; надежность системы — обеспечивается за счет следующих факторов:

возможности горячего резервирования основных компонентов системы (рабочих серверов, серверов связи);

непрерывной самодиагностики состояния оборудования системы, устройств связи и устройств процесса);

открытость системы — обеспечивается широким спектром поддерживаемых стандартных протоколов и средств обмена данными как на

уровне устройств процесса, так и на уровне ЛВС, а также доступностью и возможностью использования обученными пользователями инструментальных средств системы для ее модификации и развития; экономичность — достигается за счет интегрального действия факторов, связанных с модульностью, гибкостью, масштабируемостью и адаптируемостью системы.

Сервисные возможности системы MicroSCADA Гибкий механизм программирования режимов сбора и отображения данных по многопараметрическим критериям, связанным с моментами времени и/или событиями в системе. Хранение информации в оперативной и неоперативной БД с метками времени и достоверности; глубина хранимой ретроспективы данных процесса и записей в журнале событий определяется автоматически исходя из располагаемых ресурсов оперативной и дисковой памяти. Удобные средства доступа ко всем системным данным и данным процесса с контролем полномочий пользователей. Гибкий механизм определения и контроля полномочий пользователей (контроль, управление, проектирование, администрирование). Многозадачный (до 100 прикладных программ) и многопользовательский (до 50 рабочих мест, в том числе удаленные рабочие станции) режимы работы системы в реальном времени.

Отображение информации в виде комбинации функциональных, структурных, мнемонических, топологических и однолинейных схем сети с динамическим окрашиванием элементов в зависимости от их состояния. Объектно-ориентированный многооконный графический интерфейс пользователей, включающий статические и динамические изображения, функциональные ключи и диалоговые окна для контроля и управления на мониторах операторов. Конфигурируемые формы журналов для протоколирования событий и аварийных сигналов в системе и автоматическое их ведение. Оперативная настройка и ведение списка блокировок. Средства быстрого вызова на экран списков событий, аварийных сигналов и блокировок, в том числе с использованием многокритериальных фильтров. Специальные механизмы динамического отображения, квитирования и цветовой идентификации аварийных сообщений и сигналов в зависимости от их типа и статуса. Оперативную блокировку/разблокировку сигналов, сообщений, управляющих команд по устройству и/или группе устройств. Дистанционный просмотр и оперативное изменение уставок цифровой РЗА оператором с ДЦ. Оперативное переключение системы между режимами реального времени и имитационного моделирования работы устройств. Оперативное включение/исключение КП из зоны контроля и управления. Гибкую, легко настраиваемую систему отображения тенденций изменения (трендов) измеренных и вычисленных переменных процесса (таблицы, графики, диаграммы) по запросу оператора. Оперативно программируемую систему автоматической отчетности о измеренных и рассчитанных параметрах процесса с заданной временной периодичностью (сутки, неделя, месяц, год) и подготовку отчетов по запросу оператора с возможностью ручного редактирования результатов. Автоматический режим архивирования и резервирования данных по программируемым условиям. Возможности модификации, расширения и

настройки аппаратных и программных средств системы пользователем во время нормального режима работы. Система оперативной структурированной контекстной подсказки на любом этапе работы, а также ряд других. Сервисные возможности системы могут быть легко расширены пользователями в процессе эксплуатации путем освоения и использования имеющихся в составе системы инструментальных средств, так как система является открытым программным продуктом.

Интерфейс пользователя

Оператор контролирует процесс путем просмотра на экране монитора изображений, генерируемых системой автоматически или вызываемых с помощью разнообразных меню и пиктограмм, и подает команды управления (просматривает результаты измерений) путем выбора графического образа управляемого (измерительного) устройства на технологической схеме (однолинейной, структурной, мнемонической или топологической) и нажатия с помощью мышки на функциональные ключи, расположенные в окне контекстного диалога на экране монитора. Ручной ввод (редактирование) данных осуществляется с помощью клавиатуры.

Процесс может контролироваться и управляться оператором «вручную» или автоматически либо сочетанием указанных способов. Процедура «ручного» управления начинается с вызова нужного изображения или диалогового окна оператором. Процедура автоматического управления запускается в заранее заданные моменты времени, периодически, при определенных событиях в процессе, последовательно, при проверках и т.д. и заключается в выполнении составленных заранее SCIL-программ. Контроль и управление самой системой MicroSCADA выполняется по тем же принципам, что и контроль и управление процессом.

Система обеспечивает возможность одновременного показа нескольких процессов (нескольких изображений MicroSCADA) в различных окнах на 1–3 мониторах рабочей станции оператора и оперативного изменения состава, размера и размещения этих окон на экране. Эта способность позволяет параллельно на одном рабочем месте контролировать процесс, управлять системой, проектировать приложения.

Состав программных средств базовой системы MicroSCADA

Программные средства базовой системы MicroSCADA включают:

главную программу (ядро), обеспечивающую согласованное функционирование всех компонентов системы (SYS500); систему управления базами данных реального времени (БДРВ) для оперативной информации и неоперативной БД для архивирования ретроспективных данных, использующую современные методы обработки информации; инструментальные средства для конфигурирования и описания физических, логических и информационных объектов системы управления (TOOL), а также объектов данных (SIGTOOL);

библиотеки стандартных функций контроля и управления процессом для ускорения разработки прикладных программ (LIB500, LIB510); объектно-ориентированный язык высокого уровня для реализации специальных функций

прикладного программного обеспечения с помощью макрокоманд (SCIL); оригинальный графический редактор для разработки полнографического пользовательского интерфейса (Visual SCIL), включающий Редактор Изображений, Редактор Представлений, Редактор Диалога; вспомогательные инструментальные средства (Конвертер языка, Конвертер протоколов, Навигатор по объектам системы);

коммуникационное программное обеспечение для связи между компонентами и узлами системы (NET);

широкий спектр поддерживаемых стандартных интерфейсных средств для стыковки с другими пакетами программного обеспечения и базами данных (SOL/ODBC, DDE, API, CPI), а также ряд открытых протоколов ведущих производителей контроллеров процесса.

Проектирование прикладных функций системы MicroSCADA
Прикладные функциональные возможности системы MicroSCADA программируются для определенного процесса в соответствии с требованиями и пожеланиями пользователей. Основная программа MicroSCADA не содержит функций прикладных программ, которые принято называть «приложениями», но предоставляет средства для их создания и функционирования. Все функции приложений в системе MicroSCADA размещены на одном уровне программного обеспечения, который может изменяться и расширяться (в том числе прошедшими подготовку пользователями) без необходимости изменения основной программы (ядра). Процесс создания пакета прикладных функций системы MicroSCADA для конкретного пользователя включает в себя создание совокупности необходимых определений для базы данных процесса, а также разработку набора изображений, диалоговых окон и SCIL-программ управления ими в связи с определенными моментами времени и/или событиями в процессе. Разработка осуществляется с помощью входящих в состав системы инструментальных средств. В результате получается программный пакет для конкретного приложения, реализующий требуемый набор функций контроля и управления. На платформе одной базовой системы MicroSCADA могут работать до 100 приложений. Разработка прикладной программы выполняется при помощи библиотек стандартных функций приложений под названием LIB500, LIB510 и/или путем программирования на специальном языке программирования системы MicroSCADA — объектно-ориентированном языке высокого уровня SCIL. Библиотеки LIB5XX обеспечивают быстрое проектирование приложения для стандартных решений в области управления распределительной электрической сетью СН/НН, в то время как программирование на языке SCIL позволяет создавать разнообразные по функциям приложения в различных прикладных областях с учетом потребностей пользователей.

Аппаратные средства и операционная система Система MicroSCADA базируется на использовании персональных компьютеров с процессором Intel Pentium и другого стандартного компьютерного оборудования широко известных производителей. Требования к аппаратной части системы определяются масштабами объекта автоматизации, набором используемых

функций контроля и управления и техническими условиями их реализации. Базовая система MicroSCADA версии 8.4.2. функционирует на основе операционной системы Microsoft Windows NT 4.0.

Удаленное устройство телемеханики RTU211. Функциональные возможности системы MicroSCADA и эффективность ее применения для контроля и управления значительно повышаются в случае использования в качестве устройств телемеханики для связи с процессом производимых АББ удаленных устройств телемеханики (контроллеров процесса) RTU211. Удаленный терминал RTU211 является стандартной системой телеуправления, предназначенной для использования в системах управления сетями и разработанной как центрами АББ, так и другими производителями. RTU211 легко адаптируется к различным средам передачи и различным режимам трафика. Он имеет микропроцессорное управление, модульную структуру и разработан для применения на объектах с количеством сигналов (ТС, ТИ и ТУ) в диапазоне от 20 до 1800. RTU211 позволяет гибко программировать режимы сбора, первичной обработки и передачи данных, устройство также может обеспечивать выполнение ряда программируемых функций локальной автоматизации (ЛАФ)]. Сбор и выдача данных процесса выполняется платами ввода/вывода. Каждая из таких плат имеет свой рабочий процессор, который выполняет основные функции ввода/вывода и предварительной обработки данных. Это снижает нагрузку на рабочий процессор центрального управляющего блока и на среду передачи данных. Тем самым обеспечивается высокая производительность обработки сигналов.

ЛАФ-программы можно использовать различным образом, например, для реализации предварительно составленных программ переключений, таких как отключение и заземление, замена сборных шин, включение на параллельную работу трансформаторов и т.п. Такие программы могут быть выполнены автоматически, с надлежащим учетом состояния цепи управления, блокировок и проверки достоверности измеренных величин. Неспособность выполнить условия переключения может быть определена и служить критерием для прекращения программы переключений. Для подготовки, тестирования и загрузки ЛАФ- программ используется специальная программа (PTS), работающая на автономном ПК.

Минимальная системная конфигурация RTU211 в настоящее время умещается в одном компактном модуле (385 x 110 x 100 мм), помещенном в пластиковый корпус. В этот модуль входят источник питания постоянного тока (24–110 В), интерфейс ввода/вывода, плата центрального процессора и стандартный V23-модем, который при необходимости может быть заменен на другой в случае использования коммутируемых линий связи. В минимальной конфигурации интерфейс ввода/вывода имеет 6 аналоговых входов, 16 цифровых входов и 8 цифровых выходов. Кроме того, стандартно в него входит измерительный контур для осуществления управления цифровыми выходами типа «1 из N». Требуемая конфигурация RTU211 формируется путем набора необходимых специфицированных плат, модулей и стоек ввода/вывода, число которых может быть расширено в процессе эксплуатации. В качестве

дополнительного средства может подключаться устройство локального отображения и управления. Оно имеет жидкокристаллический дисплей и набор упрощающих работу функциональных клавиш. Устройство RTU211 может непосредственно подсоединяться к системе управления более высокого уровня типа MicroSCADA с обменом по протоколу RP570/RP571, но может также работать как ведомое RTU, подчиненное другому, ведущему, контроллеру.

Устройство RTU211 аттестовано Госстандартом РФ на тип средств измерения и зарегистрировано в Госреестре средств измерений под номером 18402–99.

Функциональные возможности RTU211

Цифровые фильтры для ТС. Задается продолжительность временного интервала (в диапазоне 0–250 мс), в течение которого вход должен быть стабилен для того, чтобы он был принят как новое состояние сигнала. Этот параметр является одинаковым для всех каналов одной платы и предназначен для подавления дребезга контактов или начального переходного процесса сигнала с целью разгрузки системы передачи.

Подавление шума в сигналах. Обработка сигнала временно блокируется, если частота его колебаний превышает некоторое максимальное значение. Эта функция предохраняет систему от перегрузки телесигналами.

Работа с двойными телесигналами. Подавление промежуточного положения. Двухбитовая индикация: 10 и 01 — нормальные состояния коммутирующего аппарата, 00 и 11 — промежуточные состояния. Если переключение из одного рабочего состояния в другое заканчивается в течение заданного контрольного времени, передача промежуточного положения может быть подавлена. Используя эту функцию можно учитывать сбои и ложные срабатывания оборудования.

Телеуправление с обратной связью. Выдача команды прекращается при получении сигнала обратной связи (для объектов с непостоянным временем срабатывания).

Регистрация последовательности событий. Если изменения сигнала происходят чаще, чем информация считывается центральной системой из RTU211, то эта функция позволяет отслеживать изменения, сохраняя их в оперативном буфере с меткой времени.

Установление приоритетности передачи данных. Устанавливаются 4 уровня приоритета ТС и ТИ: данные, отнесенные к более низкому уровню не передаются до тех пор, пока не переданы все данные более высоких уровней.

Локальный вывод на печать. При длительном перерыве связи с центральной системой сообщения данные не пропадают, а автоматически выводятся на принтер.

Цифровой фильтр для цифровых измерений.

Циклическая передача данных счетчиков импульсов.

Получение всего среза измерений со счетчиков импульсов.

Преобразование и контроль сигнала в диапазоне 4–20 мА для аналоговых измерений. Сигналы уровня ниже 2 мА отмечаются как ошибочные и не передаются.

Сглаживание аналоговых измеряемых величин. Большие изменения измеряемых значений, не имеющие технологического объяснения (например, пусковые токи), могут сглаживаться цифровым фильтром с настраиваемым коэффициентом.

Зона нечувствительности. Аналоговое измерение передается только в том случае, если изменение значения вышло из зоны нечувствительности (с интегрированием изменений или по абсолютному изменению).

Контроль за нарушениями пределов. Контролируются 4 предела: 2 предупредительных и 2 аварийных.

Телеуправление. Обеспечивается реализация 4 типов команд: включение/отключение, команды регулирования, сообщения с уставками цифрового и аналогового типов.

Синхронизация системного времени. Синхронизация сигналов по времени через линию связи или стандарт времени.

Для конфигурирования, наладки, тестирования и эксплуатации контроллеров RTU211 в комплект поставки входит набор стандартных прикладных программ, которые объединены в пакет под названием RTUTIL, работающий на базе переносного ПК.

Аппаратура телемеханики SMART-КП

Аппаратура телемеханики SMART-КП является совместной разработкой ЦДУ ЕЭС России и ЗАО «РТСофт». Она предназначена для диспетчерского контроля и управления территориально-распределенными технологическими процессами. Объектами телемеханики и автоматизации могут быть: электрическая и технологическая части электрических станций; распределительные электрические сети и подстанции; объекты добычи, транспортировки газа и нефти. объекты водоснабжения;

объекты коммунального хозяйства; другие объекты. При разработке SMART-КП были учтены следующие современные профессиональные требования в области телемеханики: возможность согласованной работы с уже существующим на энергообъектах канальным и приемным оборудованием по любому из широко используемых протоколов телемеханики; возможность работы с различными каналами связи (ВЧ-каналы, выделенные и коммутируемые телефонные линии, радиоканал, цифровые каналы связи, оптоволоконные линии и др.); возможность поэтапного внедрения аппаратуры без нарушения основного производственного процесса; максимально гибкое конфигурирование и настройка под условия любого объекта; модульность архитектуры, а также наличие запаса по производительности и расширению; использование высоконадежных компонентов, серийно выпускаемых ведущими мировыми производителями; использование современных компьютерных технологий, соответствующих открытым международным стандартам; открытость и доступность архитектуры и программного обеспечения комплекса для освоения и модернизации силами пользователя.

Основные функции SMART-КП: сбор информации о состоянии двухпозиционных объектов с регистрацией времени события (ТС); сбор

информации о текущих значениях параметров с регистрацией астрономического времени события (ТИТ); сбор интегральных значений параметров (ТИИ); сбор информации с температурных датчиков (термопары, термо-сопротивления); сбор информации с цифровых измерительных преобразователей (ИПЦ6806, УПА-24 и др.) телеуправление двух- и многопозиционными объектами (ТУ); телерегулирование объектами с использованием различных алгоритмов регулирования (ТР); циклическая регистрация архивов по событиям ТС и ТИТ; цифровая фильтрация сигналов ТИТ с целью подавления помех линии; аппроксимация нелинейной характеристики датчиков ТИТ; первичная обработка информации (суммирование, масштабирование, математические вычисления, фильтрация и т.п.); передача телеинформации по различным каналам связи (ВЧ-уплотненные, физические, коммутируемые телефонные линии, радиоканал, цифровые каналы связи) в различных направлениях и с разными протоколами связи; выдача в канал связи тестовых посылок для проверки приемной и каналобразующей аппаратуры; ретрансляция информации от других источников (другие КП телемеханики, АСКУЭ и др.); возможность удаленной диагностики и настройки аппаратуры, а также загрузки программного обеспечения из диспетчерского пункта; обмен информацией с оперативно-информационным комплексом (ОИК); обмен информацией с АСУ ТП объектов; выполнение функций локальной подсистемы АСУ ТП.

Основные технические характеристики

Блок процессора Тип микропроцессора 16 разрядный MC68302, 20 МГц. Объем динамической памяти (DRAM) 512 Кбайт или 1,5 Мбайт Объем электронного диска (SRAM) 64 или 256 Кбайт Объем FLASH-памяти (FEPROM) 1 или 2 Мбайт Интерфейсы Один RS-485 / RS-422, один RS-232, Один RS-485 / RS-422 / RS232.

Скорость передачи телеинформации ВЧ-уплотненная линия От 50 до 9 600 Бод Физическая линия От 1200 до 19 200 Бод По интерфейсам RS-485, RS-422, RS-232 От 50 до 19 200 Бод По сети PROFIBUS От 9 600 Бод до 12 Мбод По сети MODBUS От 9 600 до 19 200 Бод По сети CAN До 1 Мбод

Входные цепи объектов ТС Напряжение между выводами разомкнутого датчика = 24 В, ~80...220 В

Гальваническая изоляция 2500В

Входные цепи каналов ТИТ Диапазоны входных сигналов 0–5 мА, ± 5 мА, 0–20 мА, 4–20 мА, ± 10 В

Разрядность преобразования АЦП 12 или 16 бит Гальваническая изоляция 1500 В

Входные цепи каналов ТИИ Напряжение между выводами разомкнутого датчика =5 В, =12 В, =24 В

Максимальная частота следования импульсов 300 КГц Гальваническая изоляция 2500 В

Входные цепи объектов ТУ Принцип управления Предварительный выбор объекта с тестированием контактов реле Максимальное коммутируемое напряжение 250 В Максим. коммутируемый ток 5 А

Максимальная коммутируемая мощность 1250 ВтА Гальваническая изоляция 2500 В

Входные цепи каналов ТР Диапазоны выходных сигналов 0–5мА, ± 5мА, 0–20мА, ± 10В Разрядность преобразования ЦАП 12 бит Гальваническая изоляция 1000 В

Параметры электропитания Напряжение питания ~180...260 В Частота 50± 5 Гц Потребляемая мощность <20 Вт

Эксплуатационные характеристики Диапазон рабочих температур от 0 до 70 °С (стандартный) от –40 °С до +85 °С (расширенный) Влажность воздуха До 95 % без конденсата

Аппаратное обеспечение Основой SMART-КП является промышленный микрокомпьютер SMART I/O фирмы PEP Modular Computers (Германия), выполненный на основе высокоинтегрированного многопротокольного микропроцессора MC68302 (Motorola). Архитектурно кристалл микропроцессора имеет в своем составе два отдельных процессора, общающихся через общую двухпортовую память: CPU

68HC000/20 MHz (основной вычислитель) и RISC CPU (коммуникационный). Коммуникационный процессор поддерживает три независимых последовательных порта (SCP). Каждый канал доступен для HDLC/SDLC, UART, BISYNC, DDCMP, V.110 и может работать в прозрачном режиме (transparent). Именно прозрачный режим использован в SMART-КП для поддержки различных синхронных протоколов телемеханики. Модульный принцип построения контроллера позволяет установить до 15 модулей УСО.

Дискретный ввод-вывод

SM-DIN1 8 дискретных входов 24VDC

SM-ACI 8 дискретных входов 80-264VAC

SM-DOUT1 8 дискретных выходов 24VDC, 500мА

SM-ACO 8 дискретных выходов 80-264VAC, 500мА

SM-DIO 8 дискретных входов 24 VDC, 2 дискретных выхода 24VDC 500 мА.

SM-REL1 6 релейных выходов 250VDC/AC, 2А

Аналоговый ввод-вывод

SM-ADC1 6 аналоговых входов ± 10 В; 0–20 мА; ± 5 мА

SM-ADC32 32 аналоговых входа 0–20 мА; ± 5 мА

SM-DAD1 4 аналоговых входа ± 10 В, 2 аналоговых выхода ± 10 В

SM-THERM 4 входа для термодатчиков

SM-PT100 4 входа термосопротивлений

SM-DAC1 2 или 6 аналоговых выходов ± 10 В, 0–20 мА, ± 5мА

Счетчики

SM-COUNT1 1 канал счетчика импульсов, 24 бит, 300 КГц

SM-COUNT2 2 канала счетчика импульсов, 24 бит, 300 КГц

SM-COUNT8 8 каналов счетчика импульсов, 24 бит, 20 КГц

Интерфейсы

SM-RS232 1 канал RS-232 SM-RS232I 1 канал RS-232, оптоизоляция
SM-RS485I 1 канал RS-485, оптоизоляция SM-RS422I 1 канал RS-422,
оптоизоляция SM-TM2 2 синхронных канала RS-232 или RS-422,
оптоизоляция, фазовая автоподстройка частоты

Кроме того, со SMART-КП могут работать различные микропроцессорные специализированные датчики и приборы, например, цифровой измерительный преобразователь ИПЦ6806 или датчик положения автотрансформатора УПА-24 производства фирмы «Электромеханика» (г. Воронеж).

Базовое программное обеспечение

В основе базового программного обеспечения SMART-КП лежит многозадачная операционная система реального времени OS-9, которая является одной из ведущих операционных систем промышленного применения. Она обладает всеми необходимыми качествами для решения самых разнообразных задач автоматизации: гарантированной реакцией на программные или аппаратные прерывания, абсолютным временем реакции на события соответствует требованиям «жесткого» реального времени, многозадачность и механизмы синхронизации процессов, надежной файловой структурой и развитой сетевой поддержкой и т.д. В отличие от специализированных мониторов реального времени, которые используются в большинстве современных комплексов телемеханики, OS-9 подробно документирована и имеет мощные средства разработки ППО, доступные для массового пользователя, что обеспечивает открытость SMART-КП с точки зрения программного обеспечения.

Архитектура OS-9 имеет традиционное для ОСРВ построение: основу составляет ядро реального времени, обеспечивающее синхронизацию процессов и задач, приоритетное обслуживание аппаратных и программных прерываний, динамическое распределение памяти и средства межзадачного обмена.

Прикладное программное обеспечение

Разработка прикладного программного обеспечения ведется как в среде OS-9 с использованием кросс-пакетов, работающих Windows (FasTrak, HAWK), так и с помощью инструментального пакета ISaGRAF, представляющего собой CASE-инструмент для описания логики контроллера на основе стандартных языков программирования в соответствии с международным стандартом МЭК 1131-3. Стандартом предусмотрены следующие технологически-ориентированные языки:

язык управляющих последовательностей (SFC); язык функциональных блоков (FBD); язык релейной логики (LD); структурированный текст (ST); язык инструкций (IL).

Перечисленные программные продукты обеспечивают доступность и простоту программных разработок для SMART-КП любого уровня сложности как для профессиональных программистов, так и для специалистов-технологов.

Поддержка протоколов телемеханики

Аппаратура SMART-КП имеет поддержку следующих широко распространенных протоколов телемеханики: АИСТ (RPT); ТМ-512; ГРАНИТ; УТК-1; УТМ-7; КТ-96; DNP-3.

Кроме того, благодаря полностью открытой архитектуре SMART-КП и наличию мощных средств разработки ППО возможна поддержка любого другого протокола телемеханики при наличии его описания.

Поддержка промышленных сетей

Аппаратура SMART-КП имеет поддержку следующих стандартных сетей: PROFIBUS FMS; PROFIBUS DP; MODBUS; CAN; DeviceNet; LONWorks; ETHERNET TCP/IP.

Поддержка перечисленных сетевых протоколов позволяет строить на базе SMART-КП территориально распределенные системы диспетчерского контроля и управления объектами с различными сетевыми топологиями, а также интегрировать контроллер в другие системы, построенные на основе импортной и отечественной аппаратуры.

Конструкция SMART-КП Основные компоненты размещены в специальном индустриальном шкафу фирмы RITTAL (Германия) со степенью защиты IP56. Элементы в шкафу крепятся на DIN-профили, что позволяет быстро заменить любой блок или модуль без демонтажа кабельных соединений. В качестве кроссовых элементов использованы пружинные клеммы фирмы WAGO (Германия), которые не требуют обслуживания и позволяют сократить время монтажа аппаратуры на объекте в 2–3 раза. Прокладка межблочных соединений производится в кабельных каналах, что значительно облегчает ремонт и обслуживание аппаратуры, а также улучшает внешний вид изделия.

Пульт оператора Аппаратура SMART-КП комплектуется пультом оператора выполняющим следующие функции: отображение текущих значений параметров в виде кодов АЦП (квантов);

отображение ТИТ в виде физических величин (ток, напряжение, мощность, частота и т.п.)

отображение состояния объектов ТС; отображение значений ТИИ; управление двух и многопозиционными объектами (ТУ); настройка шкал ТИТ; установка режимов и скорости приема-передачи телеинформации и др

Сертификаты Аппаратура телемеханики SMART-КП имеет сертификат Госстандарта России на соответствие отраслевым требованиям электроэнергетики № РОСС RU.0001.11MX02, выданный испытательным центром энергетического и электротехнического оборудования АО «Фирма ОРГРЭС».

Надежность SMART-КП определяется надежностью базовых программно-аппаратных компонентов. В аппаратной части используются хорошо зарекомендовавшие себя компоненты, серийно изготавливаемые известными производителями, сертифицированными по стандарту качества ISO9001, Надежность программного обеспечения обуславливается использованием многозадачной операционной системы реального времени OS-9. Компоненты удовлетворяют международным стандартам IEC-801 по

электромагнитной защите и ИЕС 801-2 по защите от электростатического разряда.

Применения SMART-КП В настоящее время аппаратура SMART-КП эксплуатируется или находится на различных стадиях внедрения в следующих энергосистемах России: АО «Мосэнерго» (ТЭЦ-12, ТЭЦ-20 г. Москва); МЭС Центра (п/ст «Трубная»); АО «Тверьэнерго» (Конаковская ГРЭС г. Конаково); АО «Кубаньэнерго» (ТЭЦ-1 г. Краснодар, п/ст: «Афипская», «Горячий ключ», «Витаминкомбинат») АО «Пензаэнерго» (ТЭЦ-1, ТЭЦ-2 г. Пенза, п/ст «Кижеватовская»); АО «Самарэнерго» (п/ст «Заводская»); АО «Южэнерго» (п/ст «Машук»); АО «Уралэнерго» (ОДУ Урала).

Телемеханические комплексы «КОМПАС ТМ 2.0»

АОЗТ «ЮГ-СИСТЕМА» образовано в 1991 г. на базе одного из цехов ПО «Краснодарский ЗИП» и специализируется на разработке и серийном производстве телемеханических комплексов, мозаичных щитов и систем управления ими. ПО «Краснодарский ЗИП» с 1976 г. серийно выпускало телемеханический комплекс ТМ-120-1, а после его модификации — ТМ-120-1.М. Устройства КП комплексов этого типа — УП-КП.М — широко распространены в сетевых предприятиях энергетики и зарекомендовали себя как весьма надежные изделия. В 1987 г. после снятия с производства основной элементной базы комплексов ТМ-120-1.М ПО «Краснодарский ЗИП» совместно с московским МНПО «Нефтегазавтоматика» приступили к разработке нового управляющего вычислительного телемеханического комплекса типа УВТК-120.2.

В конце 1990 г. ПО «Краснодарский ЗИП» решило сосредоточить свои ресурсы на создании измерительных приборов и в январе 1991 г. было образовано арендное предприятие «ЗИП-СИСТЕМА». Новое предприятие взяло курс на разработку и серийное производство средств телемеханики. На фоне реализации ежемесячной программы производства до 100 устройств КП для МНПО «Нефтегазавтоматика» к концу 1991 г. был разработан, изготовлен и внедрен на одном из энергетических объектов первый телемеханический комплекс «КОМПАС ТМ 1.0». Новый комплекс изначально предназначался для телемеханизации распределенных объектов районных электрических сетей. С 1994 г. После улучшения схемных решений выпускается модифицированный комплекс «КОМПАС ТМ 1.1» и к 1996 г. по данным ЦДУ ЕЭС число внедренных комплексов КОМПАС ТМ 1.1 на объектах РАО «ЕЭС России» превысило аналогичный показатель для других типов телемеханики. На сегодня предприятием выпущено более 3 тыс. устройств КП и более 500 устройств ПУ комплекса этого типа.

К разработке концепции нового комплекса специалисты предприятия приступили в 1993 г. Новый комплекс получил обозначение «КОМПАС ТМ 2.0». Техническое задание на разработку нового комплекса согласовано с ведущими специалистами ВНИИЭ, Московского ЭСП и ЦДУ. Этот комплекс должен обеспечить приемлемые функциональные характеристики телемеханики для объектов различной информационной емкости и быть пригоден для телемеханизации как малых подстанций с

минимальным числом информационных каналов, так и для очень больших подстанций со значительной площадью размещения оборудования.

КОМПАС ТМ 2.0 — это семейство контроллеров, оптимизированных для решения узкоспециальных функций и в связи с этим разбитых на группы: контроллеры связи и согласователи интерфейсов; контроллеры ввода-вывода; контроллеры системы управления мимическим щитом; сервисное оборудование (инженерные панели, имитаторы и т.п.); коммутационное оборудование (вводные клеммники, устройства защиты от повреждающих помех, блоки реле-повторителей и т.п.); компоновочное оборудование (шкафы, панели и т.п.); программное обеспечение.

Контроллеры разработаны с использованием современной элементной базы ведущих мировых производителей и выполнены на высоком технологическом уровне. Для контроллеров используются процессоры C166 фирмы Infineon (Siemens), A8051 и AVR фирмы Atmel.

Из изделий семейства КОМПАС ТМ 2.0 методом агрегатирования создаются конечные изделия для оснащения диспетчерских и контролируемых пунктов. При проектировании устройств последних поддерживаются концепции сосредоточенной и рассредоточенной компоновок оборудования. Первая из них отражает традиционный подход, когда все измерительное и контрольное оборудование размещается в одном месте, обеспечивая удобство его обслуживания. Это связано с необходимостью прокладки на подстанции большого числа контрольных кабелей от силового оборудования к удаленным датчикам и преобразователям. Для снижения удельной стоимости канала ввода-вывода оборудование телемеханики в этом случае целесообразно выполнять с большим числом входов-выходов, сосредоточенных в одном конструктиве (шкафу).

Современный подход предполагает установку непосредственно у силового оборудования (в ячейках КРУ) интеллектуальных датчиков и управляющих контроллеров, объединенных линией связи с сервером устройства. Этим достигается существенная экономия кабелей при телемеханизации новых или реконструируемых подстанций. Из-за ограничения доступа при обслуживании установленного в ячейках КРУ оборудования требования к его надежности существенно повышаются. Сегодня на рынке России имеется оборудование различных производителей, обеспечивающее функции первичных преобразователей с непосредственным подключением к измерительным ТТ(ТН) и предназначенное для установки непосредственно в ячейки КРУ.

Разнообразие контроллеров связи семейства КОМПАС ТМ 2.0 покрывает различные типы интерфейсов физического уровня и сред передачи информации: RS232C/RS-485/RS-422, 2- и 4-проводные стыки для кабельных линий, 4-проводные стыки С1-ТЧ для подключения к аппаратуре связи, стыки для подключения к радиостанциям. По числу стыков (портов связи) контроллеры связи различаются: одно-, двух-, трех- и четырехпортовые. Наиболее мощный контроллер связи обеспечивает частотное деление канала связи на речевую часть, используемую для служебной связи, и надтональную

часть, используемую для передачи данных. На канальном уровне порты контроллеров связи, как правило, независимы и способны поддерживать различные протоколы обмена между КП и ПУ. Например, для устройства КП выбор двухпортового контроллера связи может быть обусловлен необходимостью, резервирования каналов связи в отношении одного ПУ, передачи данных на два или более ПУ в независимых протоколах, организации связи с подчиненными (спутниковыми) КП, связи с инородными устройствами на объекте. Ресурсы контроллеров связи семейства «КОМПАС ТМ 2.0» позволяют интегрировать в состав устройств КП и ПУ инородные изделия с открытыми протоколами.

В семействе «КОМПАС ТМ 2.0» имеются однофункциональные контроллеры ввода-вывода с каналами одного типа и числом 8/16/32/64, а также многофункциональные контроллеры, имеющие входы-выходы разных типов и предназначенные для установки непосредственно в ячейки КРУ. Простые и дешевые контроллеры ввода дискретных и аналоговых сигналов с процессором А8051 выполняют элементарные функции по вводу сигналов и первичной обработке информации. Регистрация времени событий в этом случае осуществляется сервером устройства КП. Более развитые и, соответственно, более дорогие контроллеры ввода дискретных и аналоговых сигналов с процессором С165 (регистраторы) оптимизированы для быстрой регистрации времени изменения состояний датчиков и периодической регистрации профиля параметров в реальном времени. В этом случае на сервер передается информация о зарегистрированных событиях и срезах профиля параметров. Для регистраторов характерно наличие энергонезависимой статической памяти событий/срезов и часов реального времени. Специальное исполнение регистратора аналоговых сигналов обеспечивает регистрацию аварийных процессов с максимальным временным разрешением 36 выборок на период сети. Для каналов телеуправления сервером устройства КП осуществляется регистрация времени и инициатора команды, а также результата ее исполнения. Для исключения ложных команд предусмотрена многоуровневая аппаратная и программная защиты от несанкционированной выдачи управляющих команд и поэтапный контроль исполнения команд, описываемый пользовательской процедурой.

Устройство КП, реализованное на базе семейства «КОМПАС ТМ 2.0», в общем виде состоит из сервера и связанных с ним через магистраль RS-485 контроллеров ввода-вывода. Входы контроллеров ввода аналоговых сигналов ТИТ подключены непосредственно к измерительным преобразователям, входы контроллеров ввода дискретных сигналов ТС — к датчикам состояний объектов, а выходы управляющих контроллеров — к цепям исполнительных реле. В качестве сервера устройства КП обычно используются контроллеры связи, обеспечивающие связь с ПУ.

Оборудование ПУ, реализованное на базе семейства «КОМПАС ТМ 2.0», может быть следующим. Группа контроллеров связи, объединенных магистралью RS-485, подключается к серверу ПУ (ПЭВМ) через специальный контроллер-мультиплексор. Число контроллеров связи покрывает имеющееся

на ПУ число каналов связи с устройствами КП. Контроллеры связи на уровне ПУ способны обеспечивать как простые функции программируемых канальных адаптеров, так и более развитые функции циклического опроса подчиненных устройств на присоединении. Через контроллеры связи осуществляется обмен сервера с устройствами КП и ретрансляция всей или части информации на верхний уровень представления данных. Число каналов связи устройства ПУ практически не ограничено, также нет ограничения для протоколов канального уровня.

Важной особенностью контроллеров связи является возможность организации «прозрачных» каналов связи между ПУ и КП для функционирования независимой АСКУЭ. Для обеспечения требуемых показателей быстродействия комплекса большие пакеты данных коммерческого учета фрагментируются и передаются короткими посылками с низким приоритетом по отношению к оперативной информации. На приемном конце пакеты дефрагментируются и отправляются на внешнее оборудование.

Для электропитания контроллеров предлагаются одноступенчатые блоки питания с дополнительным вводом резервного питания, номинальным напряжением 220 В постоянного тока, а также двухступенчатый блок бесперебойного питания с аккумуляторной батареей. Встроенный в блок питания микроконтроллер обеспечивает управление зарядом батареи, контроль напряжения и ограничение разряда.

Для реализации основных функций сервера ПУ предлагается специальное приложение для ПЭВМ, реализованное по компонентной архитектуре для платформы Win98/NT и обеспечивающее основные функции по конфигурированию оборудования комплекса и активизации информационных потоков между пунктами. Это приложение обеспечивает необходимый сервис для оперативно-информационного комплекса (ОИК). Интерфейс приложения с ОИК обеспечивается через объекты DCOM и/или базу данных. В качестве ОИК потребитель комплекса может использовать продукты иных производителей. Предлагается также собственный ОИК, разработанный по компонентной архитектуре для платформы Win98/NT.

Для сервисного обслуживания комплекса предусмотрены аппаратные и программные средства, задающие параметры контроллеру и конфигурации устройств. Шкафы для комплекса выбираются на основе предпочтений потребителя. Возможно использование имеющихся на объектах шкафов, остающихся от заменяемого оборудования. контроллеры, блоки питания и клеммники устанавливаются на стандартные рейки DIN.

Основными достоинствами комплекса, выполненного на базе семейства «КОМПАС ТМ 2.0», являются: масштабируемость устройств комплекса, позволяющая телемеханизировать как малые, так и большие подстанции. Это дает возможность потребителю использовать однородное оборудование для телемеханизации подстанций различного уровня; возможность последующего наращивания информационной емкости эксплуатируемого оборудования телемеханики при развитии телемеханизированных объектов; высокая разрешающая возможность времени регистрации событий и периодических

срезом профиля параметров; широкий набор контроллеров связи, оптимизированных под различные каналы связи; минимальная стартовая стоимость оборудования, обладающего минимальной избыточностью; высокая надежность каналов телеуправления с многоуровневой защитой от ложных срабатываний; широкий диапазон рабочих температур для оборудования КП (от -40 до $+70$ °С); возможность организации «прозрачных» каналов для независимых АСКУЭ;

Комплексы телемеханики ТЕЛЕКАНАЛ-М ТЕЛЕКАНАЛ-М2 в АСДТУ предприятий энергетики

ЗАО «Системы связи и телемеханики» работает на рынке средств автоматизации диспетчерского и технологического управления территориально распределенными объектами с 1994 г. За этот период предприятие освоило выпуск изделий и программного обеспечения для комплексного решения всего спектра задач, связанных со сбором, передачей, обработкой и отображением информации любого типа и выполнением функций управления и регулирования на объектах любых иерархических структур. Номенклатура предлагаемых в настоящее время изделий и ПО включает в себя: многофункциональные устройства КП ТЕЛЕКАНАЛ-М, устанавливаемые на различных объектах нижнего звена; распределенные устройства КП ТЕЛЕКАНАЛ-М2, устанавливаемые на крупных объектах, а также (в качестве мини-КП) на малых объектах нижнего звена; узловые КП, концентраторы и маршрутизаторы на базе устройств КП и ПУ ТЕЛЕКАНАЛ-М и ТЕЛЕКАНАЛ-М2, устанавливаемые на узловых объектах; устройства ПУ ТЕЛЕКАНАЛ-М уровней РЭС и ПЭС; ЦППС уровня АО-Энерго на базе устройств ПУ ТЕЛЕКАНАЛ-М, серверов ТМ и ЛВС; оборудование для управления диспетчерскими мнемоническими щитами, устанавливаемое как на диспетчерских пунктах РЭС, ПЭС и ЦДП так и на крупных объектах в качестве локального рабочего места; серверы телемеханики и ЛВС предприятия; АРМ персонала, устанавливаемые в ЛВС диспетчерских пунктов различных уровней или на крупных объектах (локальные рабочие места); сетевое ПО ОИК и мини-ОИК, устанавливаемые на серверы и рабочие станции АРМ; другие изделия (модемы и блоки модемов, клеммные шкафы).

Все перечисленные изделия и ПО входят в состав универсального программируемого комплекса устройств телемеханики ТЕЛЕКАНАЛ-М, на базе которого могут быть построены гибкие многофункциональные системы сбора данных и управления различной структуры.

Одной из главных сфер применения комплекса ТЕЛЕКАНАЛ-М является создание автоматизированных систем диспетчерского и технологического управления объектами энергетики от подстанций любого уровня и РЭС до ПЭС и предприятий АО-Энерго. При этом программно-аппаратные средства комплекса могут применяться на всех уровнях иерархии.

Важным свойством комплекса ТЕЛЕКАНАЛ-М, особенно актуальным для решения задач в энергетике, является гибкость в использовании каналов связи, имеющих на предприятии. Устройства комплекса объединяются в единую сеть независимо от физической природы каналов связи, их пропускной

способности и топологической структуры. В едином комплексе могут использоваться проводные физические линии, телефонные каналы, уплотненные каналы, образованные оборудованием ВЧ-связи, радиоканалы, волоконно-оптические линии связи и т.д., что позволяет эффективно использовать все имеющиеся возможности коммуникационного оборудования предприятий для обеспечения максимальной надежности, оперативности и достоверности доставки информации.

В поддерживаемой фирмой концепции построения системы АСДТУ как единой автоматизированной системы управления технологическими процессами предприятия, большое значение уделяется задачам интеграции с другими автоматизированными системами и системами автоматики, такими как АСКУЭ, АРЧМ, релейная защита и т.д. Решение этих задач проводится в двух направлениях: увеличение функциональных возможностей самого комплекса ТЕЛЕКАНАЛ-М и организация взаимодействия с имеющимся оборудованием других производителей. Первое направление включает в себя работы по сертификации АСКУЭ на базе комплекса ТЕЛЕКАНАЛ-М, создание блоков ввода и регистрации быстротекущих процессов, поддержку функций автоматического регулирования в устройствах КП и ПУ. В развитие второго направления разработана функция трансляции пакета любых цифровых данных по телемеханической сети в режиме «прозрачного канала», подписано соглашение с фирмой «АББ ВЭИ Метроника» о трансляции данных с электронных счетчиков «Альфа», ведутся переговоры с другими фирмами — производителями систем релейных защит, АРЧМ, регистраторов аварийных процессов.

Предлагаемые фирмой современные средства ОИК обеспечивают максимальную автоматизацию труда обслуживающего персонала. В составе ОИК организуются не только рабочие места диспетчеров, но и рабочие места инженерных служб: телемеханики, связи, релейной защиты, технического учета энергии и т.д. В распоряжении диспетчерского и обслуживающего персонала имеются программные средства для организации журналов, отчетов, ведомостей, архивов и других документов, есть возможность установки экспертных систем. На крупных и узловых объектах возможна организация локального рабочего места дежурного персонала («Мини-ОИК»), который поддерживает большинство функций диспетчерского контроля и управления, но в пределах одного объекта.

Реализация концепции построения единой системы АСДТУ конкретного предприятия зависит от технического состояния объектов, уровня оснащенности современными средствами автоматизации и наличия материальных ресурсов для его перевооружения. Для вновь создаваемых предприятий и предприятий, имеющих устаревшее и выработавшее свой ресурс оборудование, целесообразно произвести комплексную установку оборудования и ПО ТЕЛЕКАНАЛ-М на всех уровнях иерархии. Основные преимущества такого решения состоят в отсутствии проблем стыковки разнотипного оборудования и удобстве эксплуатации комплекса, а также в полноценной поддержке ряда важных функций, свойственных всему

комплексу. Например, использование на всех уровнях высокодостоверных протоколов на основе рекомендаций ГОСТ Р МЭК 870-5 позволяет транслировать единую временную метку для привязки всех событий, происходящих на объектах, к единому времени, а также обеспечивает возможность организации «прозрачного» канала для трансляции данных АСКУЭ, релейной автоматики и т. д.

В случаях, когда у предприятия имеется уже установленное оборудование, и требуется произвести наращивание его объемов и изменение качественных характеристик системы, а также в случаях трудностей с финансированием полной замены оборудования, возможно проведение поэтапной замены или установки оборудования. Замену оборудования можно производить, начиная как с устройств верхнего уровня (ПУ, ОИК, ЦППС), так и со стороны КП. Любое устройство КП и ПУ ТЕЛЕКАНАЛ-М способно осуществлять обмен данными с различными имеющимися на предприятии устройствами и комплексами телемеханики как устаревшими (МКТ-2, МКТ-3, ВРТФ, ТМ-120, Гранит, РПТ-80, УВТК-УН и др.), так и современными, использующими протоколы обмена на базе МЭК 870-5.

В рамках предлагаемой концепции предприятием был осуществлен ряд проектов в различных регионах России, наиболее интересными из которых, эффективно использующими возможности комплекса ТЕЛЕКАНАЛ-М, можно назвать следующие: телемеханизация ПЭС: «Тотемские электрические сети» ОАО «Вологдаэнерго». Первая очередь АСДТУ сдана в эксплуатацию летом 1998 г. Первый этап проекта включает в себя организацию диспетчерского пункта ПЭС, трех диспетчерских пунктов РЭС и 11 подстанций. Оборудование ДП ПЭС включает в себя устройство ПУ ТЕЛЕКАНАЛ-М, сервер телемеханики и 3 АРМ персонала (диспетчер, телемеханик и релейная служба) с установленным ПО ОИК, а также оборудование для управления диспетчерским щитом. На ДП РЭС установлены устройства ПУ ТЕЛЕКАНАЛ-М и АРМ диспетчеров. На подстанциях установлены устройства КП ТЕЛЕКАНАЛ-М. Структура телемеханической сети комбинированная, включающая радиальные, магистральные и цепочечные фрагменты. Используются ВЧ-уплотненные каналы, физические линии и радиоканал. Протокол обмена в ТМ сети — FT2, для ретрансляции в ЦДП «Вологдаэнерго» — РПТ-80. В настоящее время ведутся работы по сбору данных с регистраторов аварийных процессов; многофункциональный комплекс: ГЭС-11 (Князегубская) — ЦДП ОАО «Колэнерго». Организация сбора данных телемеханики, реализация канала АРЧМ и АСКУЭ. На ГЭС-11 установлено устройство КП ТЕЛЕКАНАЛ-М, которое обеспечивает: сбор данных ТС и ТИТ самой ГЭС; сбор данных с удаленного объекта РУ-330 кВ (600 м, установлено распределенное устройство КП ТЕЛЕКАНАЛ-М2); организацию канала передачи данных АСКУЭ от устройства RTU-320 фирмы АВВ; ретрансляцию данных ТМ и АСКУЭ на ЦДП ОАО «Колэнерго» по основному и резервному каналам с применением алгоритма разделения потоков, увеличивающего суммарную пропускную способность; ретрансляцию данных ТМ на ГЭС-3 (Кандалакша) в протоколе МКТ-3; передачу данных на локальное АРМ

дежурного персонала (ПК с ПО ОИК); прием и передачу сигналов АРЧМ; разделение спектра каждого телефонного канала (основного и резервного) на 3 подканала: «речь» (300–2400 Гц), «ТМ+АСКУЭ» (300 бит/с в полосе 2400–3400 Гц) и «АРЧМ» (100 бит/с в полосе 2400–3400 Гц) с внутренней цифровой фильтрацией.

На ЦДП ОАО «Колэнерго» установлено устройство ТЕЛЕКАНАЛ-М-ПУ, которое обеспечивает:

прием данных ТМ и АСКУЭ от ГЭС-11 по основному и резервному каналам; передачу данных на ОИК ЦДП «РСДУ-2» и РПТ-80 в протоколе МКТ-3 (в дальнейшем — FT1.2); передачу данных на АРМ телемеханика (ПК с ПО ОИК); прием и передачу сигналов АРЧМ; разделение спектра каждого телефонного канала (основного и резервного) на 3 подканала: «речь» (300–2400 Гц), «ТМ+АСКУЭ» (300 бит/с в полосе 2400–3400 Гц) и «АРЧМ» (100 бит/с в полосе 2400–3400 Гц) с внутренней цифровой фильтрацией.

Другие проекты, касающиеся рассмотренных устройств, находятся в процессе подготовки к эксплуатации: Череповецкие ЭС «Вологдаэнерго», ЦППС «Брянскэнерго», каскад Пазских ГЭС «Колэнерго», Красноярский завод цветных металлов и др.

ЗАО «Системы связи и телемеханики» может выполнять все работы на объектах заказчика «под ключ». Они могут включать в себя: проектно-изыскательские работы с выездом на объекты (имеется лицензия);

монтажные работы (имеется лицензия); работы по пусконаладке оборудования и инсталляции ПО (имеется лицензия); гарантийное и постгарантийное техническое обслуживание; обучение персонала.

Комплексы ТЕЛЕКАНАЛ-М/ТЕЛЕКАНАЛ-М2 и отдельные устройства изготавливаются по договорам поставки с предоплатой не менее 70% общей стоимости оборудования и ПО. Проектные, монтажные и пусконаладочные работы, а также постгарантийное техническое обслуживание и обучение выполняются по отдельным договорам. Оплата оборудования и работ может производиться векселями, взаимозачетами и бартером с учетом расходов на перевод в денежную форму.

Тема 8. Системы телеобработки данных (2 часа).

Структура и назначение системы телеобработки данных. Сети передачи данных (СПД). Абонентский пункт передачи данных. Включение ЭВМ в сеть передачи данных. Особенности каналов передачи данных в энергосистемах. Модели, устройства уплотнения, каналы передачи данных, схемы переприема, регенеративные трансляции синхронного или старт-стопного типа используемые при организации СПД.

Структура системы телеобработки данных

Система телеобработки данных (СТД) представляет совокупность ЭВМ центрального ПУ системы телеобработки данных, сети передачи данных и оборудования приемопередачи и обработки данных, расположенных на отдаленных от ПУ объекта пунктах (П). Часто в литературе оборудование, установленное на объектах, называют абонентским пунктом (АП) СТД.

Системы телеобработки данных предназначены для:

- а) сбора на ПУ алфавитно-цифровой информации от удаленных объектов и обработки этой информации ЭВМ пункта управления;
- б) передачи алфавитно-цифровой информации из ЭВМ ПУ удаленным объектом СТД;
- в) осуществления обмена информацией между удаленными объектами СТД;
- г) предоставления возможности удаленному объекту использовать для решения своих (местных) задач ресурса ЭВМ ПУ. Абонент удаленного объекта имеет возможность ввести в ЭВМ «центрального пункта» нужные данные, обработать их с помощью ЭВМ ПУ по заданной программе и получить от ЭВМ результаты расчета. Связь ПУ с объектами осуществляется через сеть передачи данных с использованием аппаратуры передачи данных (АПД).

В общем случае канал передачи данных является совокупностью аппаратуры передачи данных АПД и канала связи КС. При автономном режиме передачи данных связь ЭВМ с АПД в ПУ осуществляется через промежуточный носитель информации. При автоматическом вводе данных осуществляется непосредственная связь ЭВМ с каналом передачи данных через специальное устройство согласования УС. Этот вариант связи ЭВМ с АП является наиболее совершенным, так как позволяет и АП, и ЭВМ управлять временным процессом передачи, приема и обработки данных.

Сети передачи данных

Сетью передачи данных (СПД) называется совокупность каналов (передачи данных, предназначенная для передачи потоков алфавитноцифровой информации между центральными и периферийными пунктами.

В СПД энергосистем могут применяться как коммутируемые, так и некоммутируемые каналы связи. На рис. приведена упрощенная функциональная схема СПД с некоммутируемым (закрепленным) каналом связи.

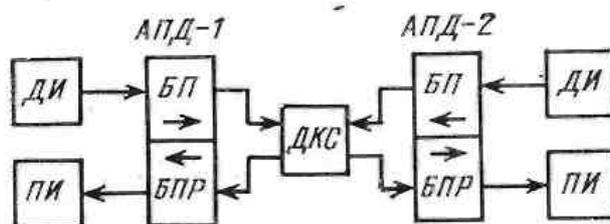


Рис. Функциональная схема СПД с некоммутируемым каналом связи

На конечных пунктах СПД установлена специальная аппаратура передачи данных АПД-1, АПД-2. В общем случае, в состав АПД входит блок передачи БП и блок приема БПР. Сообщение, поступающее с датчика информации ДИ, преобразуется блоком передачи в сигнал передачи данных, который через дуплексный канал связи ДКС поступает на вход БПР АПД противоположного пункта. БПР преобразует сигнал передачи данных в сообщение, воспринимаемое получателем информации ПИ. Передача

информации в противоположном направлении выполняется в том же порядке. В качестве ДКС могут быть использованы телеграфные каналы связи, каналы телемеханики или каналы тонального телеграфа, а также каналы тональной частоты. Вид сигнала передачи данных на выходе АПД определяется типом используемого ДКС.

Аппаратура передачи данных, предназначенная для работы по каналам тональной частоты, имеет в своем составе модемы тональной частоты, поэтому сигнал передачи данных на выходе такого АПД представляет собой электрический ток тональной частоты. Сигнал передачи данных на выходе АПД, работающих по телеграфным каналам и каналам тонального телеграфа, представляет собой электрический сигнал постоянного тока. На рис. приведена типовая функциональная схема автоматически коммутируемой сети передачи данных. В этой сети имеются узлы коммутации УК1-УК3, абонентские пункты П1-П6, каналы связи, соединяющие абонентские пункты с соответствующими УК, и каналы связи, соединяющие УК между собой.

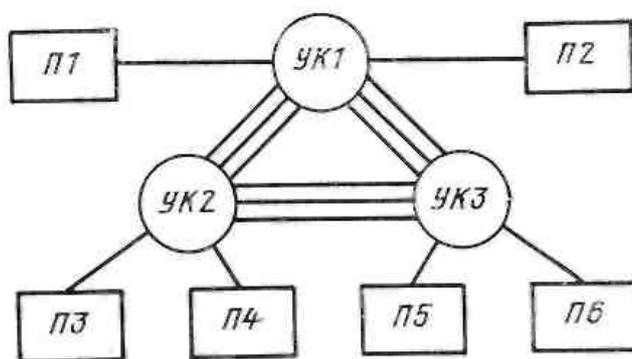


Рис. Функциональная схема автоматически коммутируемой сети передачи данных:

УК1 - УК3 - узлы коммутации; П1-П6 - абонентские пункты

На абонентских пунктах установлены АПД, а в УК - специальная коммутационная аппаратура. При построении коммутируемых сетей передачи данных применяются два вида коммутации: коммутация каналов связи и коммутация сообщений. При коммутации каналов связи на УК устанавливаются устройства коммутации каналов (УКК), а при коммутации сообщений - устройства коммутации сообщений (УКС).

В сети с коммутацией каналов абонентский пункт П1, желающий передать данные в П3, передает по абонентской линии на УК1 заявку на соединение, например с П3. Заявка передается в виде информационного сигнала, содержащего адрес вызываемого пункта. Для осуществления вызова АПД П1 содержит узел вызова с номеронабирателем.

Аппаратура коммутации УК1, приняв заявку, выполняет автоматическое соединение канала связи П1 с каналом связи, образованным от УК1, через УК2 с П3. После организации сквозного канала между П1 и П3 пункту П3 посылается сигнал вызова, а П1 - сигнал установления соединения. Абоненты П1 и П3, получив соединение, обмениваются нужной информацией. По

окончании обмена информацией с П1 и П3 передаются сигналы отбоя и УКК разъединяет каналы связи.

Структурные схемы УПК по своему построению аналогичны схемам декадно-шаговых автоматических телефонных станций и базируются на использовании механических коммутационных устройств - искателей.

В сети передачи данных с коммутацией сообщения процесс передачи информации от П1 и П3 содержит следующие операции:

- а) абонентский пункт П1 вызывает УК1 и передает УКС этого узла сообщение для П3, содержащее кроме рабочей информации адрес П3;
- б) по адресному коду, заложенному в информации УКС, определяет канал связи, по которому информация должна быть передана П3;
- в) если канал связи между УК1 и УК2 свободен, то информация немедленно передается УКС этого узла, если же канал занят, то передача информации производится после освобождения этого канала связи. В УК2 информация воспринимается так же, как и в УК1;
- г) УКС пункта УК2 посылает вызов в П3 и после подключения АПД П3 к абонентской линии осуществляет передачу сообщения на П3.

Перечисленные операции достаточно сложны, поэтому современные УКС выполняются с использованием ЭВМ и других элементов вычислительной техники. Сравнение сетей передачи данных с коммутацией каналов и коммутацией сообщений показывает, что:

- 1) аппаратура УКК значительно проще и дешевле, чем аппаратура УКС. Однако в сетях с УКК при малом количестве каналов связи следует ожидать значительное количество отказов в соединении. При увеличении количества отказов наблюдается снижение коэффициента их использования, т. е. снижение экономической эффективности сети передачи данных. В сетях с УКС отказы в соединении практически отсутствуют, и абоненты такой сети передают свою информацию в любой момент времени. Отсутствие свободных каналов связи между УКС несколько задерживает процесс передачи информации, но эту задержку абонент не чувствует. В сетях с УКС коэффициент использования каналов связи достигает 100% в час и составляет 70-80% в среднем;
- 2) в сетях с УКК соединение осуществляется только между абонентами с однотипной аппаратурой передачи информации, при равенстве скоростей передачи, аналогичности кода и т. д. В сетях с УКС может быть обеспечен обмен информацией между разными абонентскими устройствами и с разной скоростью передачи на отдельных участках сети. Сети с УКС обеспечивают передачу многоадресной информации и циркулярные сообщения, что нельзя выполнить в сетях с УКК;
- 3) аппаратура УКК значительно проще и дешевле аппаратуры УКС, зато в сетях с УКС осуществляется полная автоматизация передачи сообщений. Оператор оконечного пункта, передав информацию на ближайший УКС, может быть свободным, так как дальнейшая передача осуществляется автоматически;
- 4) в сетях с УКС легко достигается приоритетность передачи сообщений, т. е. срочные сообщения передаются вне очереди;

5) выбор той или другой сети в условиях АСУ энергосистем должен выполняться с учетом конкретных условий, причем вполне вероятно комбинированное использование обоих типов сетей передачи информации.

Наиболее целесообразно применение последовательной схемы построения комбинированной сети, при которой в верхнем звене управления используется сеть с УКС, а в нижнем звене - сеть с УКК и выходами на УКС. Следует отметить, что применение коммутируемых каналов передачи информации в энергосистемах в значительной мере может повысить надежность и качество передачи информации, так как при этом возможно решение автоматического отыскания для передачи информации обходных путей связи при отказе основных направлений. Рассмотрим принцип работы различных устройств коммутации.

Структурная схема УКК приведена на рис.

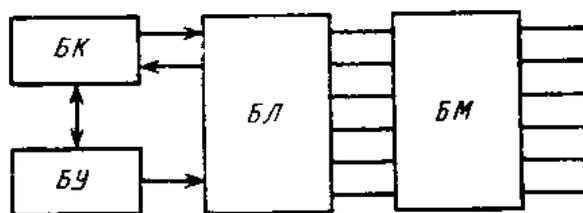


Рис. Функциональная схема узла коммутации каналов

К блоку линейного оборудования БЛ подключены все каналы передачи данных, связывающие узел коммутации с АП. Если АП требует соединения с каким-либо объектом коммутируемой сети, то по каналу передачи данных этого АП приходит закодированная команда, в которой содержится адрес вызываемого объекта. Эта команда воспринимается блоком коммутации каналов БК, который, воздействуя на БЛ, обеспечивает выполнение полученной команды, в результате чего в БЛ осуществляется электрическое соединение канала передачи данных АП с каналом передачи данных вызванного объекта. Все операции по вызову объекта и ретрансляции сигналов между каналами передачи данных автоматически осуществляет БЛ. Блок управления БУ обеспечивает автоматический контроль за правильностью функционирования всех элементов узла коммутации.

После окончания передачи информации соединение каналов автоматически разрушается. Функциональная схема узла коммутации сообщений приведена на рис.

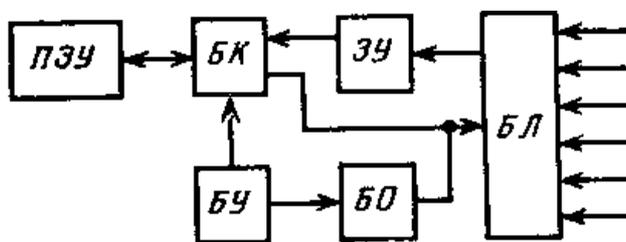


Рис. Функциональная схема узла коммутации сообщений

К линейному блоку БЛ подключены все каналы передачи данных, связывающие узел коммутации с объектами данной сети. Информация, поступившая от АП, вызвавшего УКС, через БЛ поступает в запоминающее устройство ЗУ и фиксируется в памяти этого устройства. Расположенный в ЗУ узел контроля осуществляет проверку цельности принятого сообщения и, если сообщение принято правильно, отключает канал передачи данных, по которому было принято сообщение. Принятое сообщение в головной части содержит закодированный адрес абонента, которому оно должно быть передано. Блок оценки сообщения БО определяет адрес пункта назначения и передает эту информацию в блок управления БУ, связанный с блоком коммутации БК. Блок коммутации обеспечивает соединение ЗУ с нужным каналом передачи информации, и информация из памяти ЗУ через БК и БЛ передается на вход заданного адресом канала передачи данных. Если нужный для передачи сообщения канал занят, то сообщение из ЗУ переписывается в промежуточное запоминающее устройство, где и хранится до освобождения канала. Как только нужный для передачи сообщения канал освободится, К нему через БК подключится ПЗУ и осуществится передача записанного в ПЗУ сообщения.

В настоящее время в сетях передачи данных широкое распространение получили узлы коммутации «пакетов» (пакетный способ коммутации). В этих сетях передаваемое сообщение преобразуется в форму сообщения определенной длительности - «пакет данных», короткое сообщение (объем которого лежит в пределах объема пакета) передается одним пакетом, а длинное сообщение передается раздельно несколькими пакетами. В последнем случае в пункте приема принятые пакеты складываются и превращаются в первоначальное сообщение.

Обработка и передача пакетов данных в узлах коммутации осуществляются по типу коммутации сообщений, рассмотренной выше, поэтому метод коммутации пакетов данных можно рассматривать как разновидность метода коммутации сообщений. К преимуществам способа коммутации пакетов относятся все преимущества коммутации сообщений, а также возможность обеспечения диалогового режима работы абонентов сети. При передаче только коротких сообщений сеть с коммутацией пакетов обеспечивает возможность передачи информации в режиме реального времени.

Абонентский пункт сети передачи данных

На абонентском пункте сети передачи данных располагается аппаратура передачи данных (АПД), устройство управления (УУ), устройство ввода-вывода информации (УВВ). В состав АПД в общем случае входит приемопередатчик и устройство преобразования сигналов УПС.

Объем функциональных возможностей УУ определяется назначением АП и в общем случае может меняться от простейших процессов преобразования сигналов до сложнейших процедур обработки передаваемых и получаемых данных. В последнем случае функции управления возлагаются на УУ, выполненное на базе микро-ЭВМ.

Вся совокупность перечисленного, оборудования часто в технической литературе просто называется абонентским пунктом сети передачи данных. АП отличается по типам используемых каналов связи, скоростям передачи, составу УВВ, способу взаимодействия с ЭВМ и т. д. Выбор того или иного типа АП диктуется объемом передаваемой информации и особенностями конкретных задач, возлагаемых на АП данного объекта. Простейшим АП является телетайп, работающий по телеграфному коммутируемому каналу или в сети коммутируемых каналов передачи данных.

Для работы телетайпа могут быть использованы также каналы телемеханики со скоростями передачи 100 -и 200 Бод. Телетайп обеспечивает связь по коммутируемой сети передачи данных не только с ПУ, но и с любым абонентом данной сети, имеющим телетайпы. Связь может осуществляться как в диалоговом режиме (в режиме прямых переговоров), так и в симплексном режиме передачи пакетов информации. В качестве АПД для телетайпа используются телеграфные устройства преобразования сигналов УПС -ТГ (Модем 100, Модем 200) или модемы каналов телемеханики.

Включение ЭВМ в сеть передачи данных

Связь ЭВМ с каналами передачи данных осуществляется через специальные устройства сопряжения, подразделяемые на одноканальные устройства сопряжения (адаптеры) и многоканальные (мультиплексоры). Адаптер обеспечивает работу ЭВМ с одним АП или другой ЭВМ по одному каналу связи и выполняет электрическое и логическое согласование сигналов ЭВМ и АИД под управлением ЭВМ, к которой присоединен этот адаптер.

Мультиплексоры передачи данных (МПД) обеспечивают подключение к одному мультиплексорному входу ЭВМ заданного количества каналов передачи данных и обеспечение процесса обмена информацией ЭВМ с АП этих каналов.

По конструктивному исполнению МПД делятся на МПД аппаратного исполнения и на программируемые.

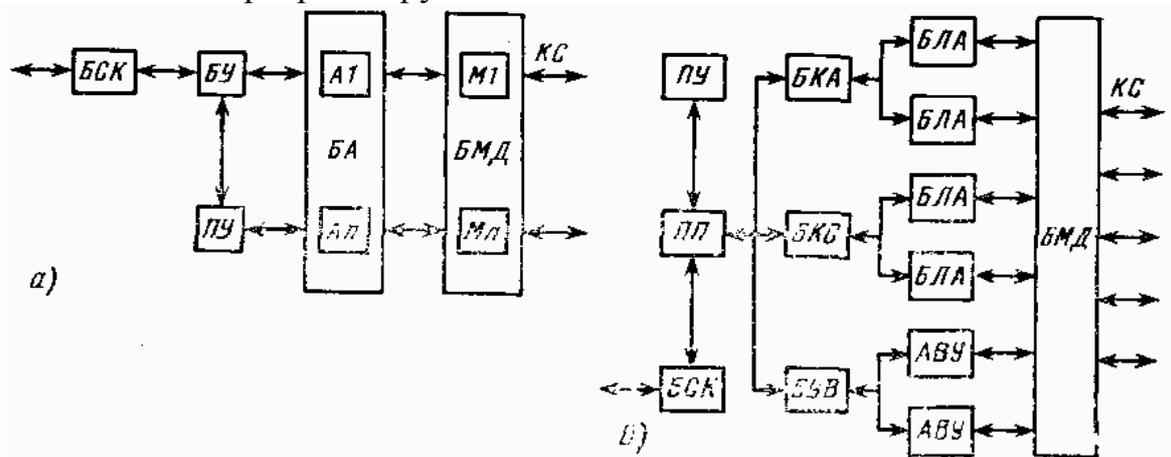


Рис. Функциональные схемы мультиплексора передачи данных:
 а - аппаратное исполнение; б - программированное исполнение

В состав МПД входят блок сопряжений БСК, обеспечивающий связь МПД с мультиплексорным входом ЭВМ, предусматривающий приемопередачу

информации параллельным кодом, блок управления БУ и пульт управления ПУ, блок адаптеров БЛ, через который осуществляется связь МПД с каналами передачи данных, блок модемов каналов передачи данных БМД, каждый модем М которого соединен со своим адаптером 4.

Количество адаптеров в БА определяется емкостью МПД. функциональные возможности каждого конкретного адаптера обусловлены функциональными возможностями того АП, с которым он должен работать. Блок адаптеров связан с БСК через блок управления БУ, который обеспечивает управление обменом информацией между ЭВМ и МПД (каналами передачи данных) по заданному алгоритму в заданной последовательности.

С помощью пульта управления ПУ оператор имеет возможность контролировать качество работ МПД, осуществлять соединение с нужным ему каналом передачи данных и выполнять различные эксплуатационные проверки и испытания. Если МИД предназначен для работы с коммутируемыми каналами связи в составе ПУ, предусматривается соответствующее вызывное устройство (АВУ).

Алгоритм работы МПД предусматривает реализацию процесса обмена информацией между ЭВМ и АП, подключенными к МПД, методом временного уплотнения. С этой целью обеспечивается поочередное подключение мультиплексорного входа ЭВМ к адаптерам Л, размеченным в БА. Длительность каждого соединения очень мала, поскольку передача информации по соединительной цепи осуществляется параллельным кодом. При данном способе соединения процесс информационного обмена между ЭВМ и, например, АП1 осуществляется в следующей последовательности:

а) передача информации со стороны ЭВМ-подготовка байта или пакета информации в ЭВМ; передача указанного байта информации в параллельном коде на вход адаптера А1 в момент соединения мультиплексорного выхода ЭВМ с этим адаптером; фиксация байта информации в А1, преобразование полученной информации в сигналы последовательного кода и передача их по каналам АП1; прием информации на АП1;

б) передача от АП1 к ЭВМ по каналу передачи данных со стороны АП1 поступает информация в последовательном коде; адаптер А1 воспринимает с канала передачи данных байт (или пакет) информации и фиксирует его к памяти; в момент соединения ЭВМ с адаптером А1 зафиксированный в нем байт информации передается в параллельном коде; принятая информация обрабатывается в ЭВМ по заданной программе.

Подобным же образом, но в другие моменты времени осуществляется обмен информацией между ЭВМ и другими АП, подключенными через каналы передачи данных к МПД.

На рис. 6 приведена функциональная схема программированного МПД. Так же как в предыдущем случае, связь МПД с каналами передачи данных осуществляется посредством адаптеров. Поскольку передача данных может выполняться некоторыми АП синхронным способом передачи, а другими АП асинхронным, в блоке адаптеров МПД выполнена группировка адаптеров синхронного, асинхронного режимов работы, а для управления работой

указанных групп адаптеров предусмотрен блок управления синхронными адаптерами БКС и блок управления асинхронными адаптерами БКЛ. Для управления работой автоматических вызванных устройств коммутируемых каналов в схеме МПД предусмотрен блок управления БУВ. Нормальное функционирование всех узлов МПД обеспечивается периферийным микропроцессором ПП, который в своем составе имеет оперативное запоминающее устройство (ОЗУ) и перепрограммируемое запоминающее устройство (ППЗУ), используемое для хранения всех программ управления, необходимых для выполнения всех алгоритмов приема и передачи данных. Связь МПД с ЭВМ осуществляется по мультиплексорному входу ЭВМ с помощью блока согласования БСК.

Сам процесс обмена информацией между ЭВМ и АП в случае применения программируемых МПД незначительно отличается от процесса, протекающего при использовании аппаратного варианта МПД. Применение программируемого МПД не только упрощает соединение ЭВМ с большим количеством каналов передачи данных, но и решает задачу присоединения к ЭВМ АП с разнотипными устройствами передачи данных. На МПД также могут быть возложены задачи контроля качества каналов передачи данных, операции соединения каналов в коммутируемой сети передачи данных и другие эксплуатационные задачи. Некоторым недостатком МПД программируемого типа является необходимость выделения ресурса основной ЭВМ для управления его работой. Однако этот недостаток может быть устранен путем введения в МПД добавочного процессора телеобработки данных ППД.

Особенности каналов передачи данных в энергосистемах

Поскольку в энергосистемах широко используются дискретные каналы для передачи телемеханической информации, для организации каналов передачи данных целесообразно использовать ту же самую каналообразующую аппаратуру, что и для передачи телемеханической информации. Такой аппаратурой являются модемы АПТ-100, АПТ-200, аппаратура УТУ-122 и ТГФЕ. В перечисленной аппаратуре используется частичное разделение каналов и метод частотной модуляции несущего автоматизированного канала телефонной связи сигнала.

Характеристические частоты модемов соответствуют международному стандарту. Функциональная схема устройства тонального уплотнения типа УТУ-122 приведена на рис.

В стойке аппаратуры расположены элементы тракта передачи ТП и тракта приема ТПР. В тракте передачи имеются два модема передачи МП I и МП2 со скоростями передачи соответственно 100 и 200 Бод и блок передачи сигналов тональной частоты (ПНЧ). В ПНЧ располагаются фильтр выделения полосы частот 0,3-2,3 кГц для передачи сигналов телефонного разговора и выходной усилитель УС1, обеспечивающий усиление как сигналов телефонного канала, так и сигналов модемов передачи, частоты которых расположены в полосе 2,4-3,4 кГц.

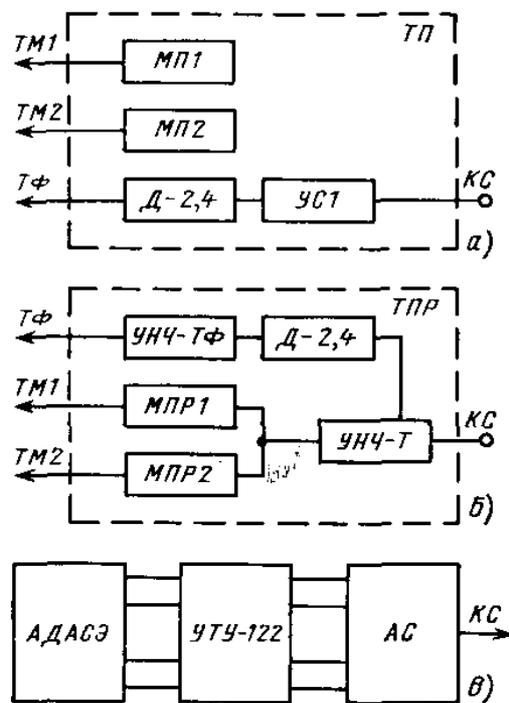


Рис. Функциональные схемы аппаратуры УТУ-122:

а - тракта передачи; б - тракта приема; в - включение УТУ-122 в схему.

В ТПР предусмотрены модемы приема МПР с характеристическими частотами, соответствующими характеристическими частотами МП1 и МП2, усилитель тональных сигналов каналов телемеханики УНЧ-Т и усилитель сигналов телефонного канала УНЧ-ТФ. В блоке УНЧ-Т кроме усилителя предусмотрен полосовой фильтр с полосой частот пропускания 2,4-3,4 кГц для выделения сигналов каналов телемеханики. В блоке УНЧ-ТФ предусмотрен фильтр выделения полосы частот телефонного канала Д-2,4 и усилитель телефонных сигналов. Устройство УТУ-122 предназначено для комплексного использования стандартного телефонного канала связи с полосой рабочих частот 0,3-3,4 кГц, для организации телефонного канала с полосой рабочих частот 0,3-2,3 кГц и двух дуплексных каналов передачи дискретной информации в полосе частот 2,4-3,4 кГц. Устройство УТУ-122 включается в четырехпроводный тракт стандартного телефонного канала между его четырехпроводный и двухпроводным окончаниями. На рис. 11.7 в приведена широко используемая в энергосистемах схема включения УТУ-122 (ТГФЕ) в четырехпроводной тракт аппаратуры связи АС при использовании аппаратуры дальней автоматической связи ЛДАСЭ, в которой располагаются элементы двухпроводного окончания телефонного канала. Аппаратура ТГФЕ по своей функциональной схеме и схеме включения аналогична УТУ-122. Особенностью ТГФЕ является наличие нескольких модификации исполнения, отличающихся друг от друга количеством и скоростями передачи используемых модемов.

Применение унифицированных устройств тонального уплотнения типа ТГФЕ и УТУ-122 в значительной мере упрощает решение вопросов организации и эксплуатации каналов телемеханики и передачи данных.

В ряде энергосистем для организации каналов передачи дискретной информации используется малоканальная аппаратура тонального телеграфа с частотным разделением каналов. Эта аппаратура разработана на базе 17-канальной аппаратуры тонального телеграфа типа ТТ-17ПЗ, с которой много общих параметров. Аппаратура предназначена для каналов тонального телеграфа и передачи данных. Имеется возможность использования ее в каналах телемеханики. Опыт эксплуатации аппаратуры применительно к каналам телемеханики имеется в некоторых энергосистемах. Модификация ТТ-6 предназначена для организации шести дуплексных каналов в спектре частот 0,3-1,5 кГц стандартного четырехпроводного канала тональной частоты.

В качестве индивидуальных модемов передачи и приема использованы модемы основной шестиканальной группы аппаратуры ТТ-17ПЗ с несущими частотами 1,53; 1,71; 1,89; 2,07; 2,25 и 2,43 кГц и групповым спектром частот 1,46-2,5 кГц. Каждый канал имеет рабочую полосу частот $\Delta F = 135\text{--}140$ Гц между несущими частотами каналов, частотный интервал 180 Гц, девиацию частоты $\Delta F = 50$ Гц и позволяет вести передачу дискретных сигналов со скоростями 50-75 Бод. В аппаратуре ТТ-6 указанная группа частот переносится в спектр частот 0,3-1,5 кГц с помощью преобразователя частоты с несущей частотой 2880 Гц и занимает в этом спектре полосу частот 0,38 - 1,42 кГц.

Модификация ТТ-5 предназначена для получения пятиканальной системы связи по четырехпроводному каналу тональной частоты в спектре частот 2540-3400 Гц. Образуются эти каналы путем частотного преобразования в преобразователе с несущей частотой 4,86 кГц сигналов первых пяти каналов основной группы каналов аппаратуры ТТ-17ПЗ, указанной выше.

Модификации ТТ-5А и ТТ-5Б предназначены для получения пятиканальной дуплексной системы по двухпроводному телефонному каналу в спектре частот 0,3-2,5 кГц. В качестве индивидуальных модемов использованы модемы основной группы аппаратуры ТТ-17ПЗ с несущими частотами 1,71; 1,89; 2,07; 2,25 и 2,43 кГц. В аппаратуре ТТ-5А передача ведется на преобразованных частотах, полученных в преобразователе с несущей частотой 2,88 кГц; спектр частот передачи занимает полосу частот 380 - 1240 Гц. Прием в аппаратуре ТТ-5А осуществляется в спектре непреобразованных частот 1640-2500 Гц. На противоположном пункте канала связи устанавливается аппаратура ТТ-5Б, у которой прием осуществляется в спектре частот 380-1240 Гц с частотным преобразованием, а передача без преобразования в спектре частот 1640-2500 Гц. При создании СПД энергосистем для передачи данных используют не только ведомственные каналы и сети связи, но и технические средства общегосударственной единой автоматизированной сети связи (ЕАСС). К этим техническим средствам относятся:

- а) сети ПД-200 - автоматизированные сети передачи данных при скорости передачи 200 Бод; в этих сетях используются УКС;
- б) сети АТ-50 - автоматизированные сети абонентского телеграфа, оборудованные УКС;
- в) сети ТФ - автоматизированные сети телефонных каналов связи; коммутация каналов в этих сетях осуществляется с помощью автоматических телефонных

станций (АТС) в городских телефонных сетях и с помощью междугородных автоматических телефонных станций (МАТС) в междугородных сетях связи;

На тех направлениях, где имеются арендованные каналы телефонной связи, организуют некоммутируемые каналы передачи данных путем использования аппаратуры типа ТГФЕ. В ряде случаев арендованные каналы включены в автоматизированную телефонную сеть энергопредприятия (ЦДУ, ОДУ, РЭУ). При необходимости передачи больших объемов информации эти каналы используют для работы АПД на скоростях 600 и 1200 Бод; такие варианты можно рассматривать как участки сети передачи данных с коммутацией каналов. По ведомственным каналам связи по преимуществу организуют некоммутируемые каналы передачи данных на скоростях 50, 100 или 200 Бод. В связи с широким внедрением устройств РРТ-80 и ГРАНИТ появилась возможность организации участков сети передачи данных с коммутацией сообщений.

Характерной особенностью дальних каналов связи энергосистем является применение схем переприемов. Дальний канал в большинстве случаев состоит из отдельных каналов, выполненных на аппаратуре различного типа (ВЧ канал по ВЛ, кабельный канал, канал радиорелейной связи) и соединенных в последовательную цепь схемами переприема. При выполнении по такому каналу связи канала передачи данных можно применять либо схемы переприема (ПП), либо регенеративные трансляции (РТ).

Простейшей схемой переприема в канале передачи данных является схема последовательного включения модема приема с модемом передачи. Процесс переприема состоит в том, что модем приема принимает с канала связи сигнал тональной частоты, преобразует его в дискретный сигнал постоянного тока, который поступает на вход модема передачи. В модеме передачи этот сигнал преобразуется в частотно-модулированный тональный сигнал, который с выхода модема передачи поступает в последующий канал связи. Принципиальное отличие РТ от ПП заключается в том, что соединение модема приема с модемом передачи выполняется через узел регенерации.

Как уже указывалось ранее, в энергосистемах широко используются для передачи информации ВЧ каналы по ВЛ, имеющие значительный уровень линейных помех и недостаточно качественные частотные и фазовые характеристики. Использование в точках переприемов таких каналов промежуточных регенеративных трансляций в значительной степени повышает качество и надежность передачи информации.

Тема 9. Надежность функционирования телемеханических систем (2 часа).

Критерии оценки надежности систем ДУ и ТУ. Потери от отказов аппаратуры и каналов связи в телемеханической системе. Аналитический расчет надежности. Экспериментальные методы определения показателей надежности. Влияние организации эксплуатации оборудования на показатели надежности. Способы повышения надежности телемеханических систем.

3. Лабораторный оперативно-информационный комплекс «Телемеханика и связь в распределительных сетях».

1. Назначение комплекса.

Комплекс телемеханики предназначен для передачи на диспетчерский пункт телесигнализации (ТС) о положении объектов с силовых ячеек 10 и 0.4 кВ, а так же для выдачи команд телеуправления (ТУ) электроприводами указанных ячеек непосредственно с пункта управления.

Комплекс позволяет выводить информацию ретроспективы ТС с фиксацией по дате и времени.

Ретроспектива ТУ позволяет контролировать действия диспетчера.

2. Состав комплекса и назначение устройств.

Контролируемый пункт включает в себя следующие устройства:

- Передатчик УТС-8. Предназначен для приема информации с силовых ячеек о положении электроприводов (включен или отключен), преобразования сигналов в последовательный цифровой код с разделением по времени и передачи его на приемник УТС-8.

- Контролируемый пункт (КП) ТМ-800В. Он выполняет те же функции, что и передатчик УТС-8, за исключением того, что цифровой сигнал передается на пункт управления (ПУ) “КОМПАС ТМ 1.1”. Кроме того он предназначен для приема цифрового сигнала с ПУ, преобразования его в команду ТУ и выдачи её на блок реле повторителей (БРП).

- Блок реле повторителей. Предназначен для приема управляющего напряжения с КП ТМ-800В, усиления его по току и выдаче непосредственно на исполнительный механизм силовой ячейки.

Диспетчерский пункт включает в себя:

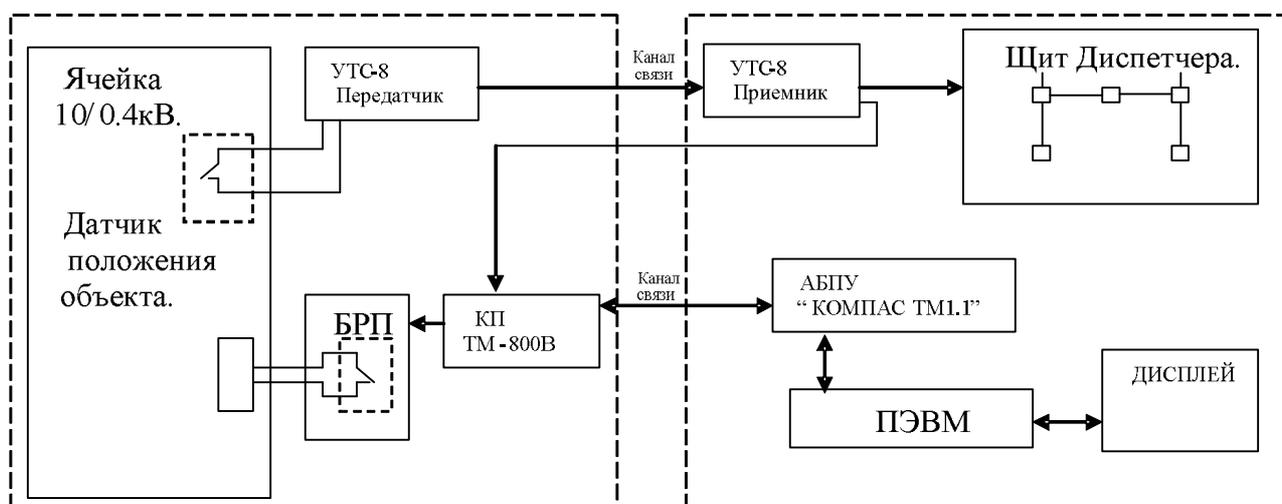
- Световой щит диспетчера тёмного типа. Предназначен для визуального контроля на мнемосхеме положения объектов силовых ячеек.

- Приёмник УТС-8. Предназначен для приема цифрового сигнала с передатчика УТС-8 и преобразования его в сигналы индикации на диспетчерский щит.

- Пункт управления АБПУ “КОМПАС ТМ 1.1”. Предназначен для приёма цифрового сигнала с КП ТМ 800-В, обработки его и выдачи информации на ПЭВМ, а так же для приёма команд ТУ с ПЭВМ и передачи их на КП ТМ-800В.

- ПЭВМ. Предназначена для приёма информации ТС и вывода её на экран монитора в удобном для диспетчера виде, а так же для выдачи команд ТУ на АБПУ “КОМПАС ТМ 1.1”.

3. Структурная схема комплекса телемеханики.



4. Порядок включения комплекса в работу.

- Включить кнопки **“ВКЛ”** на двух приемниках и передатчиках УТС-8.
- На передатчиках и приемниках должны мигающим светом загораться лампочки **“ЛК”**, что говорит о нормальной работе устройств УТС-8.
- На приемниках УТС-8 не должны гореть лампочки **“ПУ”**, т.е. повреждение устройства отсутствует.
- Проверить отжатое положение кнопок **“РЕЖИМ”** на передатчиках и отжатое положение кнопок **“РОД РАБ. СБРОС”** на приемниках.
- Включить в сеть питание щита диспетчера и привести в соответствие положения ключей щита соответствию положения объектов силовых ячеек.
- Включить два тумблера **“СЕТЬ”** на блоках питания КП ТМ-800В.
- Подождать 5 секунд и проверить индицирование ровным светом двух светодиодов **“1”** и **“2”** на submodule КОНЦ-3 АБПУ **“КОМАС ТМ-1.1”**.
- Включить ПЭВМ.
- После ввода программы стрелками **“вниз”**, **“вверх”** выбрать

ЗТП №1 \

 и нажать **“Enter”**.
- После вывода на монитор мнемосхемы, комплекс готов к выполнению работы в графическом режиме.

5. Описание программы Оперативно-Информационного Комплекса (ОИК)

Комплект программно-аппаратных средств телемеханики Компас ТМ 1.1

1. Режим **“Управление”**. Функционирование программы включает следующие основные этапы:

- Загрузка в рабочую область оперативной памяти данных ПЭВМ из служебных файлов конфигурации;

- Прием пароля оператора;
- Циклическая регистрация текущей телеинформации в дисковых журналах с заданной индивидуально (по группам сигналов) периодичностью;
- Вывод по команде оператора на экран, принтер или файл содержимого дисковых журналов по заданным формам с возможностью фильтрации записей по всем полям;
- Оперативное представление диспетчеру информации о техническом состоянии каналов и устройств комплекса.

2. Запуск программы

Отображение информации программой предусматривает в двух режимах: табличном и графическом. Переход из текстового режима в графический осуществляется по клавише F5(переход на преопределенную мнемосхему) , F9(переход через меню сборных мнемосхем) или F6(переход на общую структурную мнемосхему). Если программа не обнаруживает требуемой мнемосхемы при переходе из табличного в графический режим, она выводит сообщение “Отсутствует мнемосхема или файл описания”.

Переход в общую структурную мнемосхему из любого окна осуществляется по клавише F6. В служебном поле экрана общей мнемосхемы отображается текущая дата и время. Выбор УКП осуществляется “мышью” или стрелками клавиатуры и клавишей Enter.

На общей мнемосхеме в темпе обслуживания УКП динамически активизируется:

- Поля аварийной индикации УГО УКП, по которым зарегистрировано пропадание останова или восстановление связи с УПУ;
- Поля аварийной индикации УГО УКП, по которым зарегистрировано изменение состояния ТС;
- Поля аварийной индикации УГО УКП, по которым зарегистрированы выходы значений ТИТ за установку доступного контроля;
- Поля индикации сеанса связи с УКП.

Аварийная сигнализация сопровождается звуковой сигнализацией и отображается цветом соответствующих полей индикации до квитирования этой сигнализации оператором.

Оператор имеет возможность в процессе работы в табличном режиме оперативно изменять параметры конфигурации комплекса, в числе которых: периоды циклической активизации теле команд, уровень их приоритета, периоды регистрации телеинформации по группам в дисковых диспетчерских журналах, уставки допускового контроля ТИТ, время повторного обращения к не ответившему УКП, останавливать или активизировать обслуживание направления, УКП, функции, сигнала.

В случае аварийных ситуаций: изменение состояния ТС, выход значений ТИТ за уставки допускового контроля и отсутствие ответа от УКП ,

сигнализация производится (немедленно по мере получения сигнала УПУ) на экране монитора специальном окне.

Отображение красных окон сопровождается звуковым сигналом, который периодически выдается в течение своего времени нахождения аварийного окна на экране. Нажатием клавиши “ALT-S” можно производить включение и отключение звуковой сигнализации. Нажатие клавиши “ALT-Z” можно квитировать звуковую сигнализацию до следующей аварийной ситуации.

Имеется возможность просмотреть перечень назначений клавиш. Для этого необходимо в окне направление нажать “Alt-F1”.

3. Телеуправление в табличном режиме

Для выдачи команды ТУ необходимо:

- При помощи стрелок клавиатуры или “мыши” выбрать нужный объект Номер_направление->адрес_УКП->функции ТУ->объект ТУ

- Нажать клавишу Enter. Программа откроет командное окно с двумя командами: “Включить” и “Отключить”. Назначение столбцов в этом окне следующее:

В графе “Посылка” – синим прямоугольником подтверждается факт отправки УПУ команды ТУ и адрес УКП;

В графе “Квитанция” – зеленым прямоугольником подтверждается получение квитанции от УКП на исполнение этой команды ТУ;

В графе “Подтверж. ТС” – розовым прямоугольником отображается состояние подтверждающего ТС объекта телеуправления.

После выбора команды “Включить” или “Отключить” в командном окне ТУ программа откроет окно ввода пароля оператора. После ввода пароля осуществляется сравнение его с текущим зарегистрированным и только при совпадении команда будет отправлена. При несовпадении пароля выдается предупредительное сообщение “Неверный пароль” и команда ТУ не исполняется.

Неполучение квитанции от УКП на команду ТУ индицируются отсутствием зеленой метки, а получение квитанции с ошибкой приема - мигающей меткой в графе “Квитанция” командного окна ТУ.

4. Телесигнализация, телеизмерения и телеуправление в графическом режиме.

При отображение структурной схемы на экран выводится обобщенная информация по всем обслуживаемым УКП. Каждому условному графическому обозначению УКП соответствуют индикаторы аварийных измерений ТС, аварийного выхода значений ТИТ за уставки допускового контроля и индикатор сеанса связи. Первые два события сопровождаются мерцанием индикаторов УГО и звуковым сигналом ПЭВМ. Индикатор УГО не ответившего или приостановленного УКП подсвечивается заданным цветом. Выбор УКП осуществляется при помощи клавиатуры или “мыши”.

В графическом режиме информация по УКП может быть представлена в виде функциональной мнемосхемы одного или нескольких УКП. Выход в табличный режим – по клавише F5.

Для перехода от одного УКП к другому в пределах одного направления следует вызвать меню УКП: нажать клавишу F7. Прокрутка свитка меню производится стрелками “Вверх” и “Вниз”. УКП, на которые в системе установлены мнемосхемы, отмечаются в списке УКП графического режима символом “>”.

Программа в графическом режиме при наличии изменений по ТС, нарушение допускового контроля по каналам ТИТ, при наличии событий по связи с КП или БУЩ в правом верхнем углу экрана выводит красный круг, который служит предупреждением диспетчеру о наличие не сквитированных событий. Квитирование в окне событий может осуществляться двумя способами. При помощи клавиши F1 квитируются все события, клавишей ‘Пробел’ квитируется событие, на котором установлен маркер окна событий. Квитирование звуковой сигнализации до следующего аварийного события производится набором клавиш “Alt-Z”.

5. Телеуправление производится в следующем порядке:

- Выберите УГО объекта телеуправления при помощи стрелок клавиатуры или указателя “мыши”. Если УГО блинкит по изменению состояние ТС – сквитировать его нажатием клавиши Enter, либо левой клавишей “мыши”;

- Нажать клавишу Enter или левую клавишу “мыши”. В нижней части экрана выводится синие окно с двумя полями для выбора: “ВКЛ” или “ОТКЛ”. Подчеркнутое поле отражает последнюю выполненную команду по данному объекту;

- При помощи стрелок клавиатуры или “мыши” навести указатель на нужное поле и нажать Enter или левую клавишу “мыши”. Программа выводит розовое окно приглашения для пароля оператора;

- По приглашению ввести на клавиатуре личный пароль оператора и нажать клавишу Enter.

- Для сброса цвета результата выполнения команды ТУ и перехода на контроль состояния подтверждающего ТС при не изменение нужно набрать УГО контролируемого объекта при помощи “мыши” и нажать правую клавишу.

6. Ретроспективы, ведомости, просмотр дисковых журналов.

Под ведением ретроспективы и ведомости в КОМПАС ТМ 1.1 понимают запись с указанным периодом файлов значений измерений с формированием части пути имени файла в DBF. Различие между ретроспективой и ведомостью условна и определяется двумя моментами:

- Предполагается, что ретроспектива ведется с минимально возможным периодом, но в течение ограниченного времени (сутки). Ведомость

ведется с достаточно большим периодом, но и в течение очень большого периода времени (годами).

- Для ведомости реализован режим дозаписи. При наличие указаний программа дописывает в последнюю базу данных значение тех измерений

При ведение ретроспективы и ведомости часть пути и имя файла базы данных являются формируемыми параметрами в соответствии с конфигурационными указаниями и текущем времени. Для этого зарезервировано шесть символов:

- “Y”- год,
- “M”- месяц,
- “D”- день,
- “H”- час,
- “T”- минута,
- “S”- секунда.

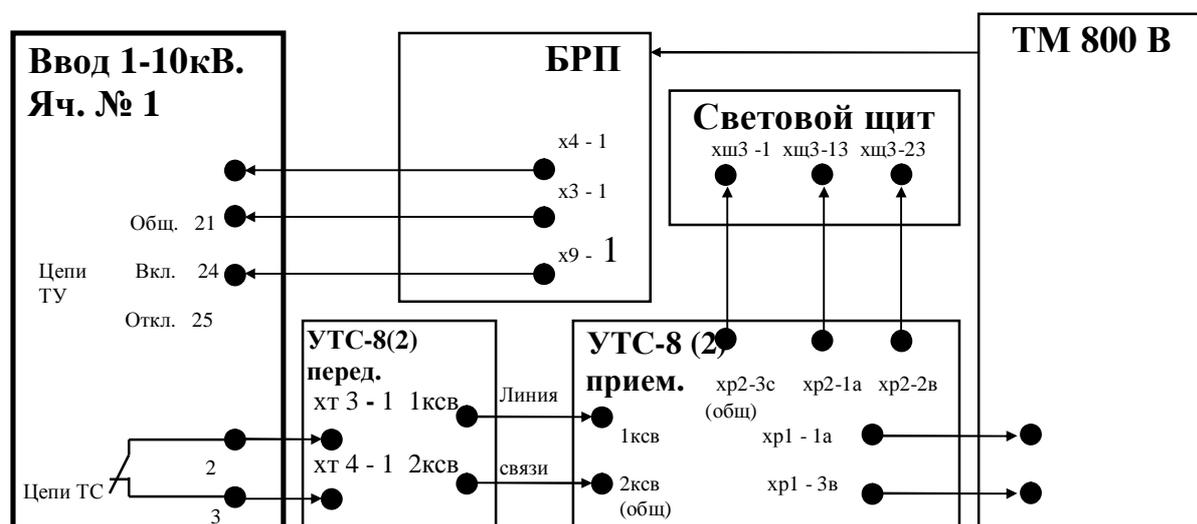
Путем использования этих символов и указания периода пользователь определяет длительность ведения ретроспективы именно с таким шагом.

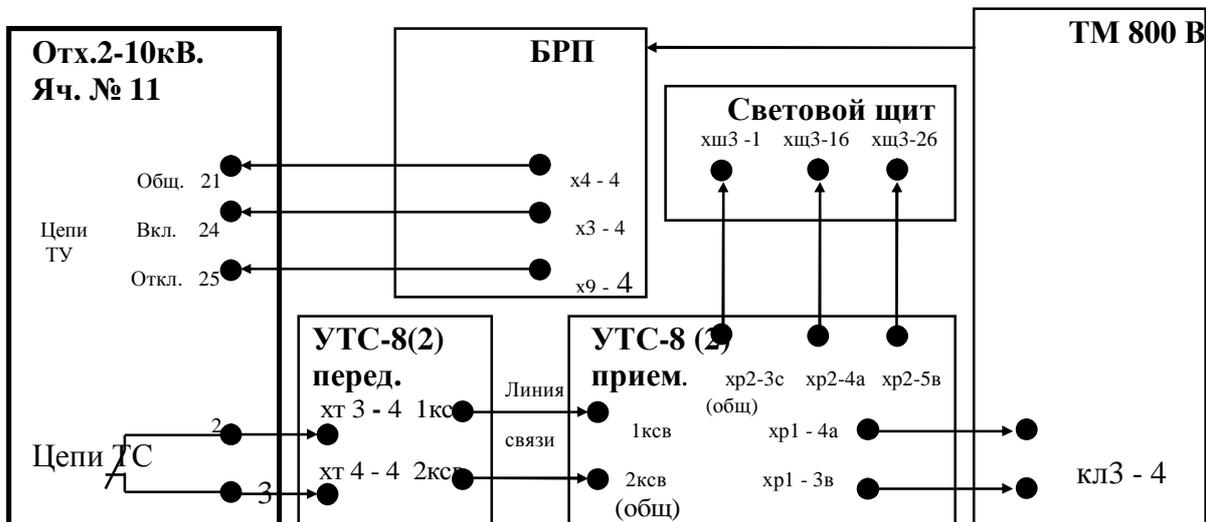
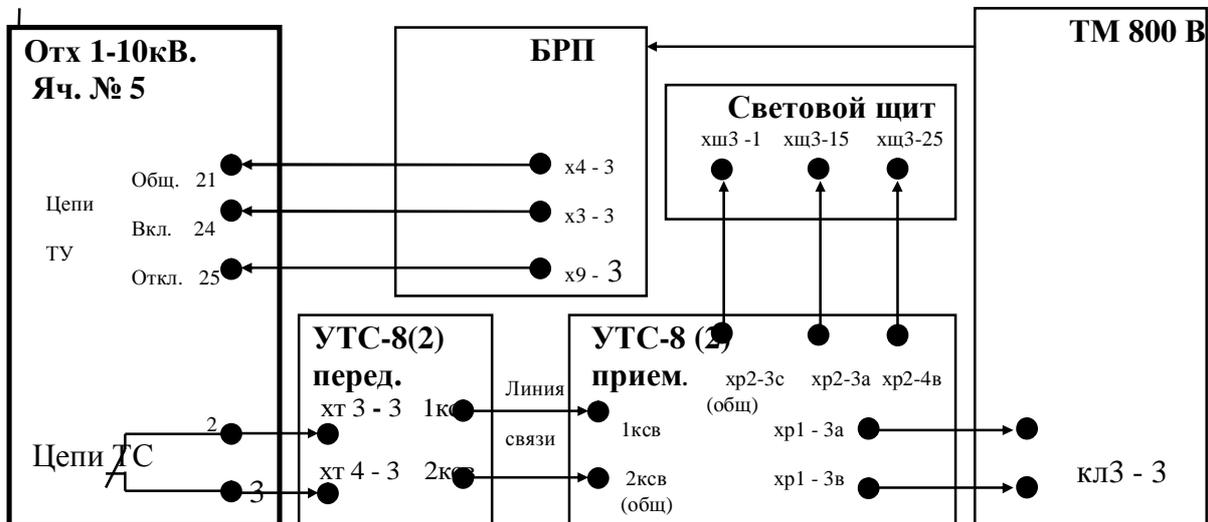
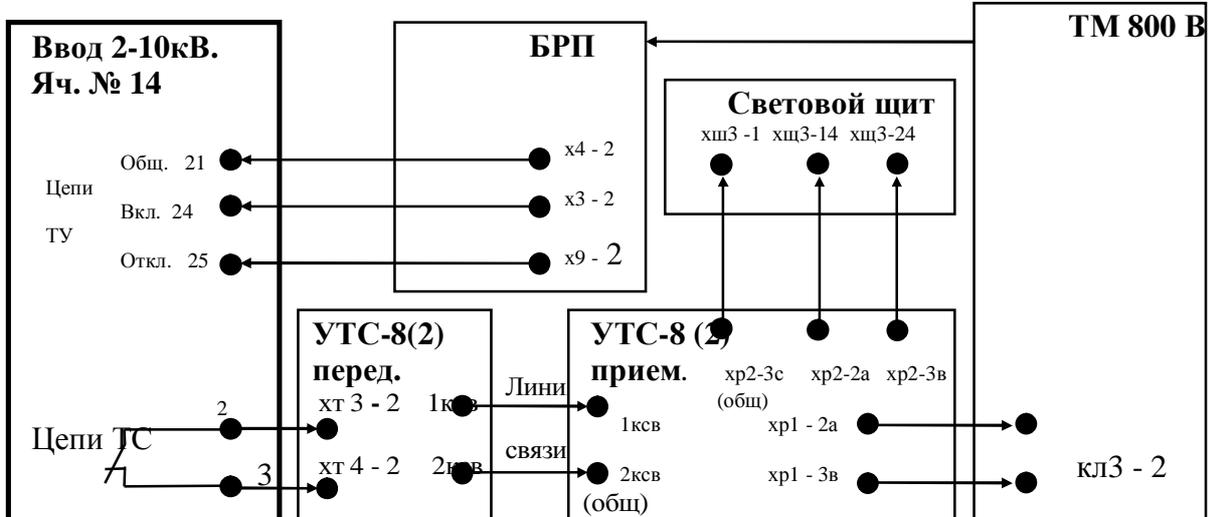
Например: суточная ретроспектива с 30- секундным срезом формируется при следующем указании: F:\DBFS\RETRO\H%%\T%%\S%%,30

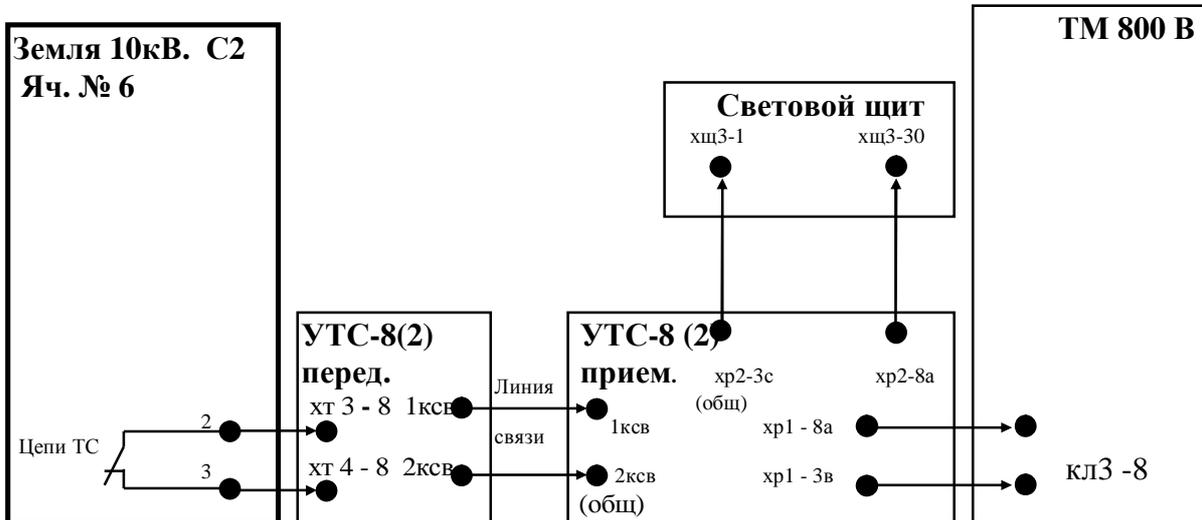
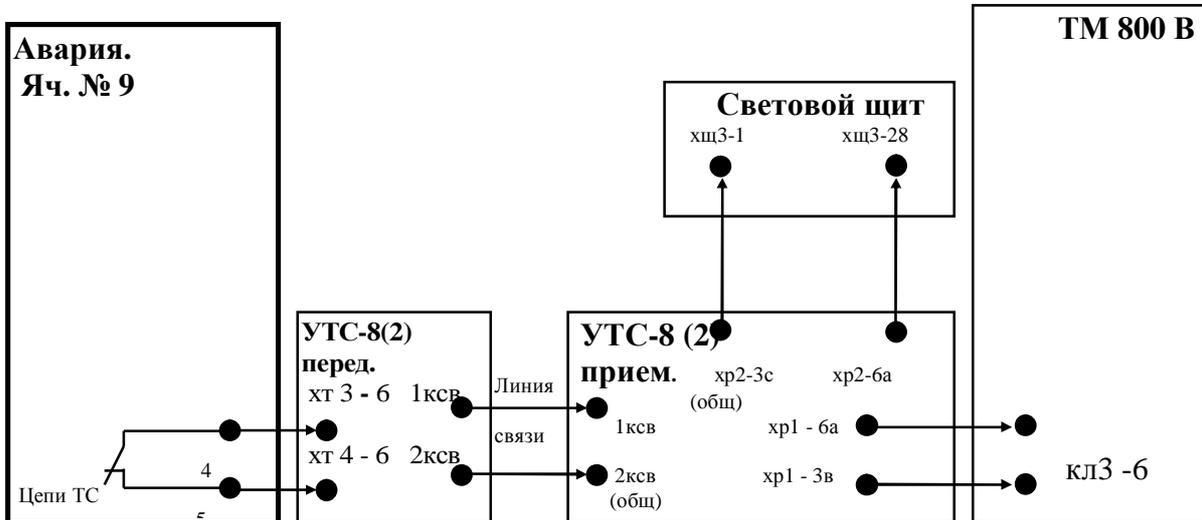
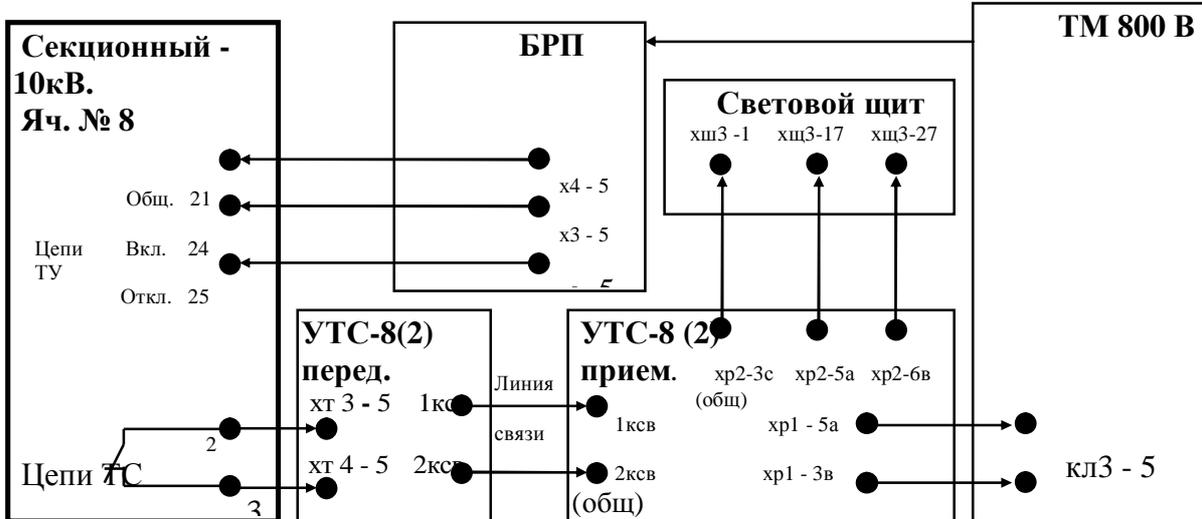
7. Диагностика оборудования

Для УКПМ КОМПАС имеет возможность запроса блока внутренней диагностики. Результаты внутренней диагностики регистрируются в журнале ERR. Для активизации функции необходимо нажать комбинацию клавиш “Alt-E” в окне функций УКП. Если УКП не обслуживает эту функцию, выдается сообщение в журнал “Отсутствие ответа на функцию запрос блока ошибок” с указанием номера направления и адреса УКП.

Схема соединений устройств телемеханики с силовыми ячейками 10 кВ.







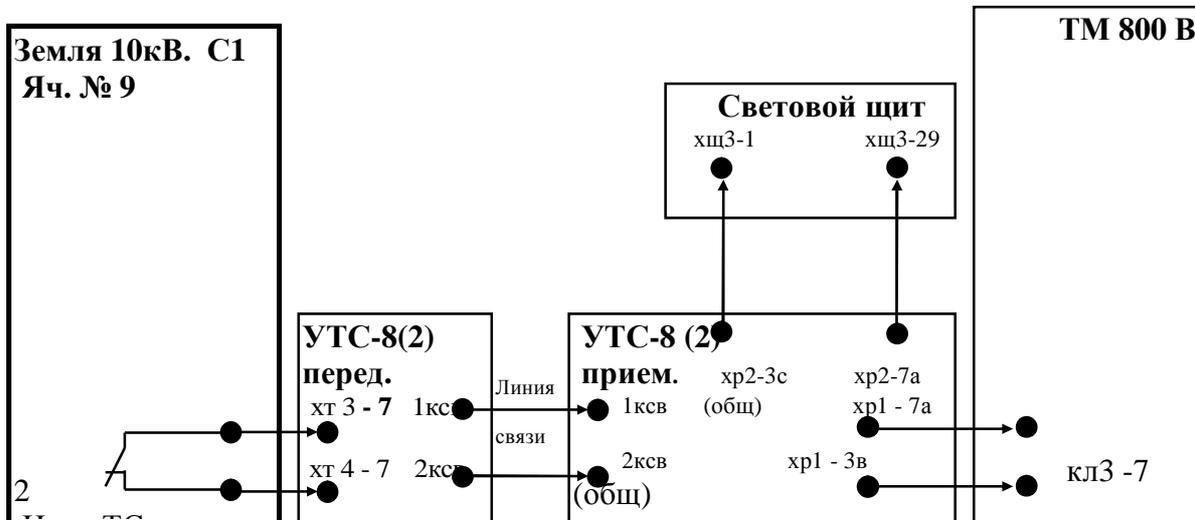
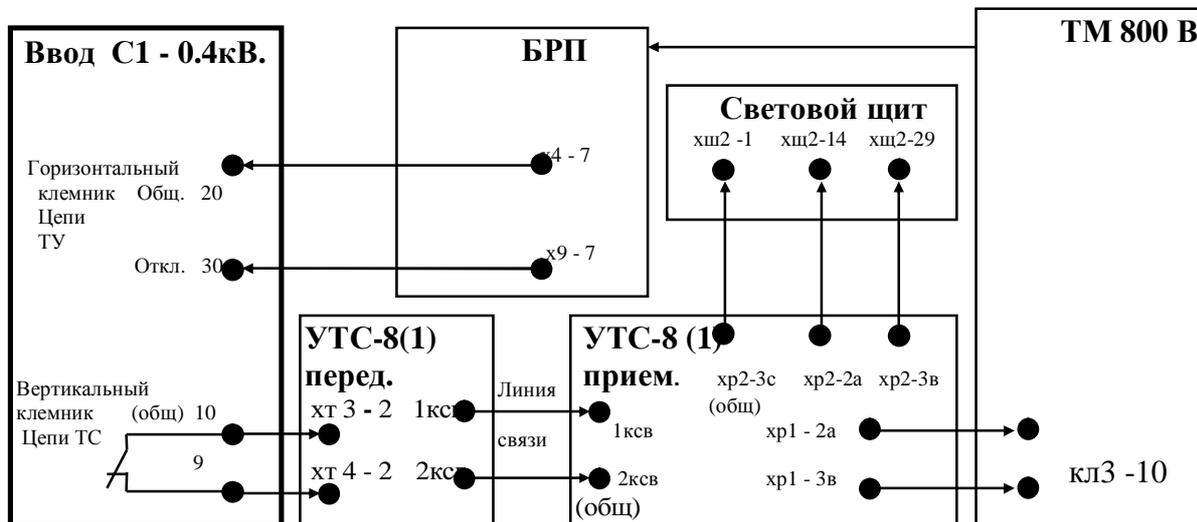
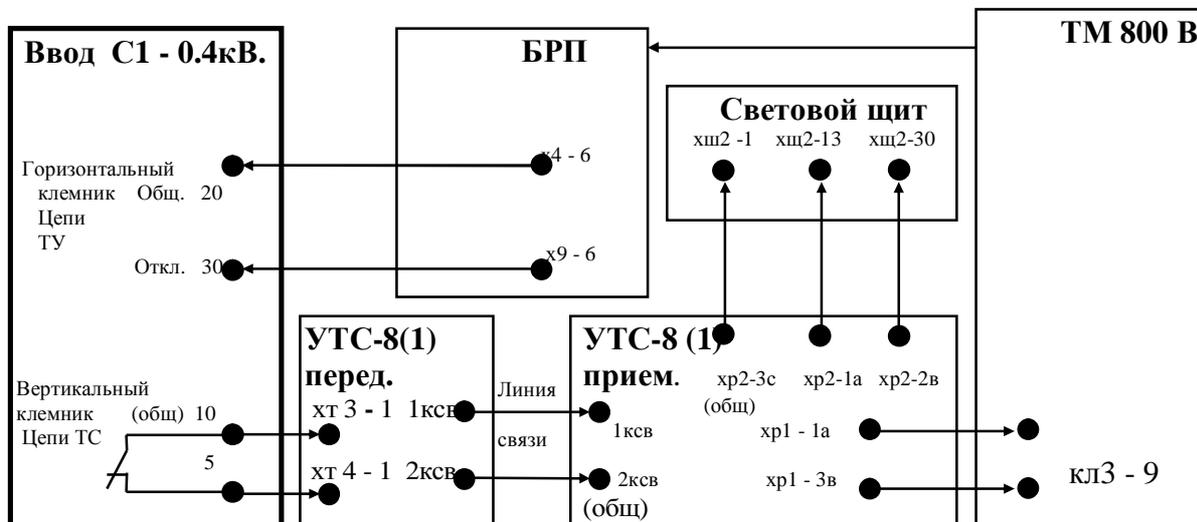


Схема соединений устройств телемеханики с силовыми ячейками 0.4 кВ.



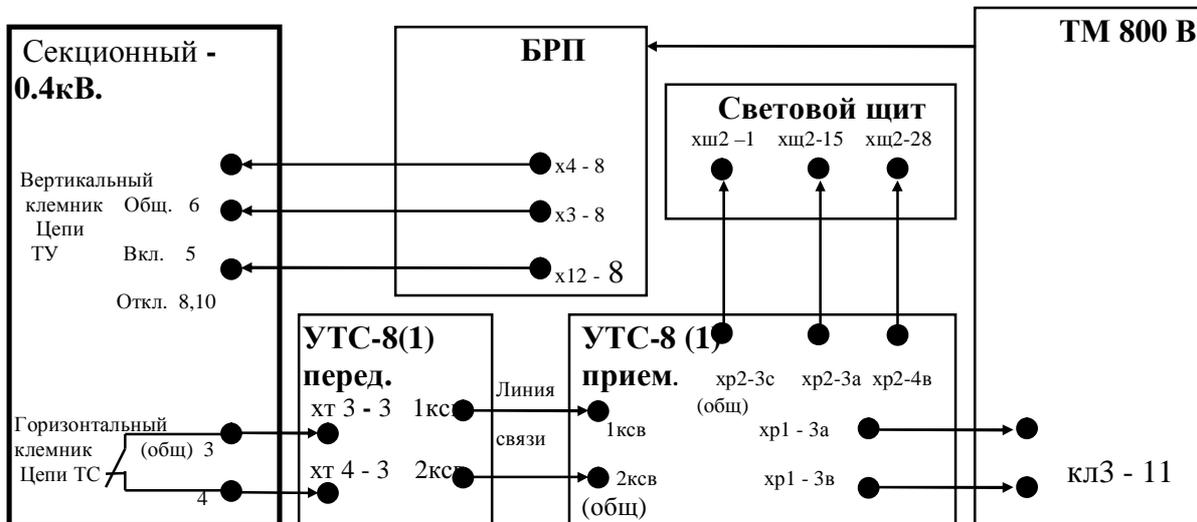


Схема соединений блока реле повторителей (БРП)

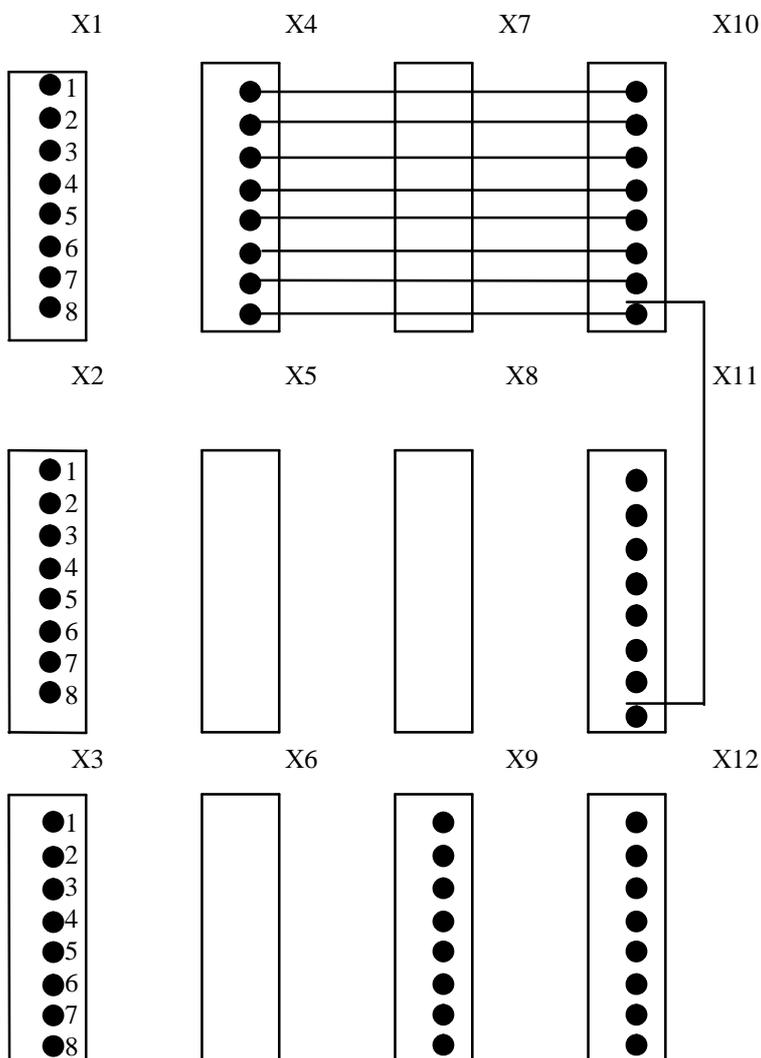


Схема соединений светового щита.

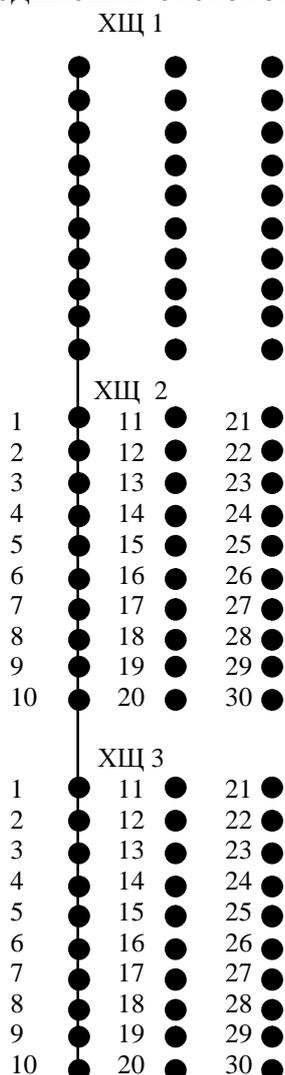
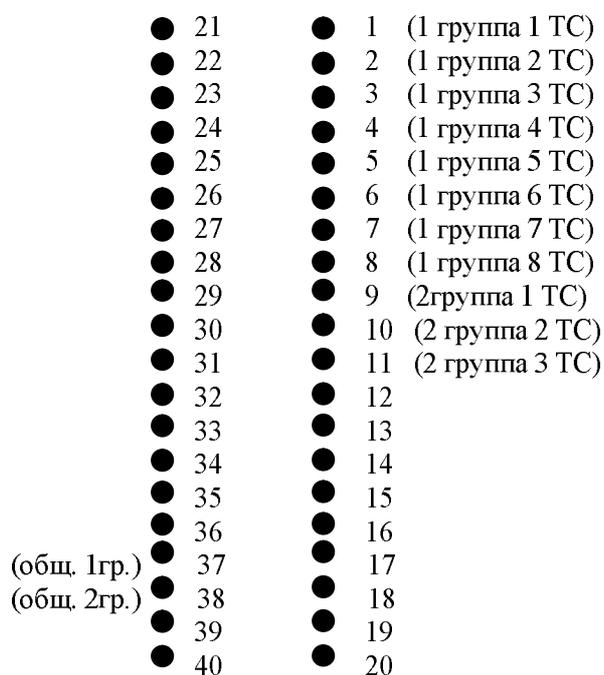


Схема соединений цепей ТС КП ТМ-800В.



4. Самостоятельная работа студентов

Самостоятельная работа студента включает в себя изучение лекционного материала и дополнительной литературы по дисциплине при подготовке к лабораторным занятиям, а также задания, закрепляющие изученный материал и являющиеся основой для подготовки к зачету. В качестве заданий на самостоятельную работу студент получает схему, диаграмму или блок комплексного задания на зачет и в домашних условиях подготавливает необходимые данные.

Контроль степени усвояемости материала осуществляется с помощью вопросов для самопроверки, тестов, рефератов. При этом каждый студент имеет возможность реализации полученных знаний в демо-версиях программного комплекса «Модус» и ПК «Советчик диспетчера». Также на каждой лекции предусмотрен 5 минутный опрос студентов по ранее (и самостоятельно) изученному материалу.

На коллоквиумах предусмотрена сдача первой и второй части теоретического материала. Объем и формы контроля самостоятельной работы приведены ниже.

Темы рефератов для самостоятельной работы студентов по дисциплине

1. Организационная структура диспетчерского управления энергосистемой.
2. Функции и задачи диспетчерской службы и структура ее построения.
3. Основные требования к режиму энергосистемы.
4. Информационное и методическое обеспечение оперативных задач ведения режима энергосистемы.
5. Линия связи и каналы связи.
6. Помехи и помехоустойчивость. Общие понятия.
7. Компьютерные системы управления электрической частью энергообъектов.
8. Схема и этапы оперативного управления.
9. Противоаварийные тренировки и работа на тренажерах.
10. Дискретные каналы связи.
11. Групповое устройство ТМ, область применения и назначение.
12. Низкочастотные каналы связи.
13. Каналы связи в сетях 0,4-10 кВ и их характеристика.
14. Сложный ВЧ канал и его составляющие. Линейный высокочастотный тракт.
15. Основные элементы модема передачи, его схема и работа.
16. Основные элементы модема приема, его схема и работа.
17. Теория передачи информации.
18. Классификация мультипликативных помех.
19. Классификация аддитивных помех
20. Меры по повышению помехоустойчивости передаваемой информации.
21. Корректирующие и помехозащитные коды. Общие сведения.
22. Коды Хемминга.
23. Системы Д и ТУ с обратной связью и с повторением передачи информации.

График самостоятельной работы студентов

Номер недели	Номер темы	Вопросы, изучаемые на лекции	Занятия (номера)		Используемые нагляд. и метод. пособия	Самостоятельная работа студентов		Формы контроля
			практич. (семина.)	лабор.		содерж.	часы	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	Предмет, цели и задачи курса и его связь с другими изучаемыми дисциплинами. Уровень телемеханики (ТМ), диспетчерского и технологического управления (ДУ и ТУ) в энергетике.			Митюшкин К.Г. Телеконтроль и телеуправление в энергосистемах			блиц-опрос
2	1	Информация и ее передача (общие положения и понятия). Виды информации передаваемой по системам телемеханики. Задачи разделения сигналов в каналах связи. Организация канала связи при передаче телемеханической информации. Первичное и вторичное уплотнение. Структурная схема канала связи.			Митюшкин К.Г. Телеконтроль и телеуправление в энергосистемах	Расчет кол-ва информации и пропускной способности каналов связи	1	блиц-опрос
3	2	Характеристики информационных потоков и способов их передачи. Анализ передачи информационных потоков в телемеханических системах. Искажения двоичных сигналов. Достоверность передачи информации. Исправляющая способность приемников дискретных сигналов.			Тутевич В.Н. Телемеханика. М.: Высшая школа, 1985	Элементы канала связи	2	блиц-опрос
4	2	Помехозащитные коды, используемые в телемеханических системах. Применение корректирующих кодов, циклических систем передачи информации и систем с обратной связью для повышения достоверности телемеханической передачи.			Тутевич В.Н. Телемеханика. М.: Высшая школа, 1985	Виды квантования, погрешность квантования	2	защита индивидуальных домашних заданий
5	3	Общие сведения о каналах телемеханики по линиям электропередачи (ЛЭП). Функциональная схема канала связи по ЛЭП. Элементы высокочастотной обработки и присоединения к ЛЭП.			Микуцкий Г.В., Скитальцев В.С. ВЧ связь по линиям электропередачи В.Х. Ишкин. Волоконно-оптические системы связи	Информационные потоки и их достоверность	2	блиц-опрос
6	3	Высокочастотные заградители, их типы, конструкции, схемы, технические данные. Конденсаторы связи, их типы, конструкции и технические данные. Общие сведения о фильтрах присоединения. Высокочастотные и низкочастотные каналы телемеханики.			Справочник по проектированию систем передачи информации в энергетике (Под ред. В.Х. Ишкина)	Информационные потоки и их достоверность	2	блиц-опрос, коллоквиум
7	4	Диодные и транзисторные элементы и узлы. Цифровые логические элементы. Микросхемные элементы. Триггеры на транзисторах и в микросхемном варианте. Генераторы импульсов на транзисторах.			Г.В.Бурденков, А.И.Малышев, Я.В.Лурье Автоматика, телемеханика и передача данных в энергосистемах	Коды Хэмминга	2	блиц-опрос
8	4	Шифраторы и дешифраторы. Компараторы. Резисторные преобразователи и распределители импульсов. Микропроцессорная техника в современных устройствах ТМ.			Г.В.Бурденков, А.И.Малышев, Я.В.Лурье Автоматика, телемеханика и передача данных в энергосистемах	Схема «фаза-земля»	1	контрольная работа

1	2	3	4	5	6	7	8	9
9	5	Основные принципы телеизмерения (ТИ). Виды телеизмерения. Классификация систем ТИ. Погрешности телеизмерения и способы их уменьшения. Аналоговые системы ТИ. Измерительные преобразователи. Вторичные приборы. Структурная схема частотной системы ТИ.			Справочник по проектированию систем передачи информации в энергетике (Под ред. В.Х. Ишкина)	Схемы «фаза-фаза», «2 фазы-фаза»	1	блиц-опрос
10	5	Понятие о дискретных системах ТИ. Частотно-импульсные системы ТИ. Кодоимпульсные системы ТИ, их преимущества перед другими системами. Способы преобразования кодов в напряжение или ток. Структурная схема одноканального устройства ТИ кодоимпульсной системы.			Соскин Э.А., Киреева Э.А. Автоматизация управления промышленным энергоснабжением	Схемы ДП и КП	1	блиц-опрос
11	6	Классификация систем телеуправления-телесигнализации (ТУ-ТС). Принципы построения систем ТУ-ТС ближнего действия, частотных систем ТУ-ТС, временных систем ТУ-ТС. Синфазирование и синхронизация работы передающего и приемного устройства.			Г.В.Бурденков, А.И.Мальшев, Я.В.Лурье Автоматика, телемеханика и передача данных в энергосистемах			контрольная работа
12	6	Структурная схема временной системы ТУ-ТС. Понятие о системах телерегулирования.			Г.В.Бурденков, А.И.Мальшев, Я.В.Лурье Автоматика, телемеханика и передача данных в энергосистемах			блиц-опрос
13	7	Выбор структуры телемеханических комплексов и устройств. Устройство ТИ-ТС. Телекомплекс многоканального кодоимпульсного телемеханического устройства. Система телемеханики типа ТМ. Устройство ТС-ТИ. Комплекс устройств телемеханики			Справочник по проектированию систем передачи информации в энергетике (Под ред. В.Х. Ишкина)	Харак-ка МП систем	2	блиц-опрос
14	8	Структура и назначение системы телеобработки данных. Сети передачи данных (СПД). Абонентский пункт передачи данных. Особенности каналов передачи данных в энергосистемах. Модемы, устройства уплотнения, каналы передачи данных, схемы переприема.			Ю.В. Мясоедов. Альбом схем и диаграмм по дисциплине «Телемеханика и средства связи».	Погрешности телеизмерений	3	блиц-опрос, коллоквиум
15	9	Критерии оценки надежности систем ТМ. Потери от отказов аппаратуры и каналов связи в телемеханической системе. Аналитический расчет надежности. Экспериментальные методы определения показателей надежности. Влияние организации эксплуатации оборудования на показатели надежности. Способы повышения надежности телемеханических систем.			Соскин Э.А., Киреева Э.А. Автоматизация управления промышленным энергоснабжением	Операции по модулю 2	2	защита индивидуальных домашних заданий

В процессе изучения дисциплины студенты последовательно разрабатывают предложенные преподавателем вопросы к самостоятельной работе и защищают их согласно графику, указанному в учебно-методической (технологической) карте дисциплины.

На последнем занятии студенты защищают комплексное задание целиком, с его анализом и оценкой принятых инженерных решений.

Задание на самостоятельную работу и комплексное задание на зачет.

При выполнении самостоятельной работы студенту, согласно учебно-методической (технологической) карте дисциплины, предлагается последовательная разработка вопросов комплексного задания. На зачет студенты представляют законченное комплексное задание и защищают его.

Для предложенной преподавателем схемы объекта (электростанции, подстанции, электрических сетей предприятий или энергосистем) разработать комплексную систему телемеханики согласно приведенного ниже перечня вопросов.

1. Выбрать необходимые компоненты системы (ТС, ТУ, ТИ, ТР) для дальнейшей разработки.
2. Выбрать места установки средств ДУ и ТУ (указать на предложенной преподавателем схеме объекта).
3. Выбрать систему ТМ в зависимости от объекта (ВЧ или НЧ). Показать организацию каналов ТМ.
4. Выбрать первичный сигнал и показать его характер.
5. Выбрать каналы связи, их структуру, привести схему канала связи в зависимости от характера первичного сигнала и методов его преобразования.
6. Привести характер или схему преобразования сигнала.
7. Определить необходимое количество передаваемой информации по каналам связи и пропускную способность канала связи.
8. Определить влияние возможных помех, предложить методы их устранения.
9. Выбрать модемы. Показать их функциональные схемы, характеристики и пояснить принципы работы.
10. Описать используемую аппаратуру в системе ДУ и ТУ.
11. Привести блок-схему алгоритма функционирования блока управления или передачи для устройств ТУ, ТС, ТИ.

Вопросы к коллоквиуму №1.

№1

Диапазон сигналов НЧ каналов ТМ и особенности их применения

Определение ТИ. Основные ТИ величины. Особенности при их измерении

Амплитудный детектор

Работа ОМА

КТМ по ЛЭП “фаза-”земля”

Структуры каналов связи

№2

Сущность ТИ

Модуляция и демодуляция

Структурные схемы систем ТМ

Кодирование

КТМ с АМ

Деление каналов по частотам

№3

Погрешности при передаче ТИ
Функции систем ТМ: ТУ, ТР, ТС, ТИ
Работа ИОС при ФМ
Квантование по уровню и времени
Условные обозначения ТМ на схемах
КТМ с ОФМ

№4

Линия связи и канал связи
Осциллограммы импульсной последовательности ЧМ колебаний, спектры частот
Импульсные признаки сигналов
Что называется системой ТМ. Основные понятия
Виды модуляции
КТМ с ЧМ

№5

Квантование по амплитуде
КТМ с ФМ. Осциллограммы сигналов при ФМ
Осциллограммы АМ колебаний, спектры
Дискретные каналы ТМ
Частотные детекторы
Количество передаваемой информации

№6

Квантование по времени
Информационные параметры модема
Два способа телерегулирования. Две группы сигналов ТС
Осциллограммы сигналов при ОФМ
Пропускная способность каналов связи
Преимущества КТМ по ЛЭП

№7

ИП в системах ТИ
Особенности организации групповых каналов ТМ
Система ТУ-ТС ближнего действия
Схема подключения модема КП “фаза-фаза”
Частотно-импульсная система ТИ

№8

Погрешности при передаче ТИ
Схема подключения модема ПУ “три фазы-земля” и его работа
Подключение ИП
Кодо-импульсная система ТИ
Функциональная схема КТМ “две фазы-фаза”

Вопросы к коллоквиуму №2.

№1

Высокочастотная аппаратура. Особенности применения и работы
Диапазон сигналов НЧ каналов ТМ и особенности их применения
Определение ТИ. Основные ТИ величины. Особенности при их измерении
Схема подключения модема КП “две фазы-фаза” и его работа
Функциональная схема КТМ “грозозащитный трос-земля”

№2

Частотомер

Каналы ТМ в сетях 0.4-10 кВ, их характеристика
Схема подключения модема ПУ “две фазы-фаза” и его работа
Функциональная схема КТМ “три фазы-земля”
Частотная система ТУ-ТС с прямым избором

№3

Преобразователи частоты вращения в сигнал
Основные элементы НЧ модема передачи. Их схема и работа
Устройство и принцип действия ПУ511
Функциональная схема КТМ “фаза-фаза”
Частотная система ТУ-ТС с кодовым избором

№4

Схема подключения модема КП “три фазы”
Временная система ТУ-ТС
Основные элементы НЧ модема приема. Их схема и работа
Устройство и принцип действия КП512
Функциональная схема ТИ

№5

Схема подключения модема КП “три фазы-земля”
Режим работы групповых усилителей. Особенности организации каналов ТМ
Система ТИ ближнего действия
Устройство и принцип действия КП511
Сущность ТИ

№6

Схема подключения модема ПУ “фаза-фаза”
Групповое устройство ТМ. Назначение и область применения
Преобразователь тока, напряжения, мощности
Классификация систем ТУ-ТС
Частотная система ТИ

№7

Какие системы ТМ используются в распредел. сетях 0.4-10 кВ ЭЭС, СЭС и ЭС
Классификация систем ТИ
Основные требования к организации систем ТУ-ТС
Система ТИ с временным разделением сигналов
Функциональная схема КТМ “три фазы”

№8

Время-импульсная система ТИ

Реверсивные и нереверсивные ИП, область применения

Схема подключения модема ПУ “три фазы”

Устройство и принцип действия ПУ512

Функциональная схема КТМ “фаза-земля”

Вопросы к зачету.

1. Что называется системой ДУ и ТУ, основные понятия.
2. Условные обозначения объема ДУ и ТУ на однолинейных схемах.
3. Структурные схемы систем ДУ и ТУ.
4. Функции систем телемеханики: телеуправление (ТУ), телерегулирование (ТР), телесигнализация (ТС), телеизмерение (ТИ).
5. Основные системы ТМ применяемые в сетях 0,4-10 кВ.
6. Определение телеизмерения, основные телеизмеряемые величины в энергетике.
7. Функциональная схема ТИ.
8. Две группы сигналов для систем телесигнализации.
9. Погрешности тракта при передаче телеизмерений.
10. Сущность телеизмерений.
11. Устройство частотомера.
12. Устройство датчиков тока, напряжения, мощности.
13. Преобразователи вращения в частоту.
14. Измерительные преобразователи в системах ТИ.
15. Два способа телерегулирования.
16. Линия связи и каналы связи.
17. Пропускная способность каналов связи (КС).
18. Структурные схемы организации каналов связи.
19. Дискретные каналы связи.
20. Работа канала с амплитудной модуляцией (АМ). Достоинства и недостатки.
21. Осциллограммы АМ сигналов и спектр частот АМ колебаний.
22. Каналы с частотной модуляцией (ЧМ). Основные достоинства и недостатки.
23. Осциллограммы импульсной последовательности ЧМ колебаний и спектры частот (составляющие, индекс модуляции).
24. Каналы с фазовой модуляцией.
25. Каналы с относительной фазовой модуляцией.
26. Осциллограммы сигналов при фазовой и относительной фазовой модуляции.
27. Работа источника опорного сигнала, способы получения опорного сигнала.
28. Преимущества организации каналов связи по ЛЭП.
29. Структура деления каналов связи по ЛЭП (по частоте).
30. Сложный ВЧ канал и его составляющие. Линейный высокочастотный тракт.
31. Групповое устройство ТМ, область применения и назначение.
32. Режим работы групповых усилителей. Особенности организации каналов связи.

33. Низкочастотные каналы связи.
34. Каналы связи в сетях 0,4-10 кВ и их характеристика.
35. Схема образования канала связи по ЛЭП (фаза-земля).
36. Схема образования канала связи по ЛЭП (фаза-фаза).
37. Схема образования канала связи по ЛЭП (2 фазы-фаза).
38. Схема образования канала связи по ЛЭП (3 фазы-земля).
39. Схема образования канала связи по ЛЭП (3 фазы).
40. Схема подключения модема (фаза-фаза) на контролируемом пункте (КП).
41. Схема подключения модема (2 фазы-фаза) на контролируемом пункте (КП).
42. Схема подключения модема (3 фазы) на контролируемом пункте (КП).
43. Схема подключения модема (3 фазы-земля) на КП.
44. Схема подключения модема (3 фазы) на пункте управления (ПУ).
45. Схема подключения модема (3 фазы-земля) на пункте управления (ПУ).
46. Схема подключения модема (2 фазы-фаза) на пункте управления (ПУ).
47. Схема подключения модема (фаза-фаза) на пункте управления (ПУ).
48. Назначение аппаратуры, входящей в высокочастотный (ВЧ) канал связи.
49. Информационные параметры модема.
50. Основные элементы модема передачи, его схема и работа.
51. Основные элементы модема приема, его схема и работа.
52. Теория передачи информации.
53. Структурная схема передачи информации.
54. Классификация информационных сигналов.
55. Признаки деления информационных сигналов.
56. Определение количества передаваемой информации
57. Импульсные признаки сигналов.
58. Квантование по амплитуде.
59. Квантование по времени.
60. Квантование по уровню и времени.
61. Модуляция и демодуляция.
62. Виды модуляции сигналов.
63. Амплитудный детектор и Частотный детектор.
64. Работа ограничителя максимальных амплитуд.
65. Кодирование информации.
66. Виды выполняемых операций по модулю 2.
67. Помехи и помехоустойчивость. Общие понятия.
68. Характер и классификация мультипликативных помех.
69. Характер аддитивных помех. Классификация аддитивных помех
70. Меры по повышению помехоустойчивости передаваемой информации.
71. Корректирующие и помехозащитные коды. Общие сведения.
72. Разделимые блочные коды. Код с четным количеством единиц.
73. Код с проверкой на четность. Код с постоянным весом.
74. Коды Хемминга. Код с кодовым расстоянием равным трем.
75. Системы с повторением передачи информации. Системы с обратной связью.

5. Методические указания по выполнению домашних заданий и контрольных работ

Выполнение домашних заданий и контрольных работ предусматривает использование учебно-методического пособия Ю.В. Мясоедова «Альбом схем и диаграмм по дисциплине «Телемеханика и средства связи» и учебного пособия Ю.В. Мясоедова «Оперативные переключения при диспетчерском и технологическом управлении», в которых представлены все необходимые методические указания и проверочные задания по дисциплине.

6. Перечень программных продуктов, реально используемых в практике деятельности выпускников

В процессе обучения студенты используют промышленные разработки необходимые для последующей их реализации в диспетчерской деятельности: промышленные компьютерные тренажеры «Модус» и «Aford - Советчик диспетчера».

Данные программные продукты используются при обучении, повышении квалификации и переподготовки диспетчеров энергосистем и энергопредприятий, а также для проведения противоаварийных тренировок в процессе эксплуатации. Подробное их описание приведено в учебном пособии Мясоедова Ю.В. Оперативные переключения при диспетчерском и технологическом управлении. Благовещенск: Амурский гос. ун-т. 2002.

7. Методические указания по применению современных информационных технологий

1. Презентации, слайды, учебный фильм по производству оперативных переключений. ОАО «АВВ» - 2 компакт диска.
2. Схемы, таблицы, рисунки под медиакомплекс;
3. Лазерные пленки к проектоскопу по оперативным переключениям - 18 шт.
4. Плакаты по стандартным задачам оперативных переключений.
5. Комплект индивидуальных заданий на производство переключений.
6. Тренажер городской распределительной электрической сети.
7. Тренажер диспетчера энергосистемы.
8. Компьютерные тренажеры «Модус» и «Aford - Советчик диспетчера».
9. Лабораторный оперативно-информационный комплекс «Телемеханика и связь в распределительных сетях».

8. Методические указания по организации межсессионного контроля знаний студентов

В процессе изучения дисциплины предусмотрены следующие виды промежуточного контроля знаний студентов:

пятиминутный опрос студентов на каждой лекции;
выполнение 4 контрольных работ по рассмотренным темам;
проведение 2 коллоквиумов по лекционному материалу;
студенты, не посещающие лекционные и практические занятия, представляют рефераты по пропущенным темам.

К промежуточным формам контроля знаний относятся:

- блиц-опрос на лекциях по пройденному материалу;
- контрольные работы;
- выполнение рефератов с последующей их защитой;
- задания по описанию схемы или диаграммы технических средств ТМ, разработке бланка, программы и карты переключений.

9. Фонд тестовых и контрольных заданий для оценки качества знаний по дисциплине

В качестве примера подробно приведены 2 задания, остальные даны в учебном пособии Мясоедова Ю.В. Оперативные переключения при диспетчерском и технологическом управлении и учебно-методическом пособии Ю.В. Мясоедова «Альбом схем и диаграмм по дисциплине «Телемеханика и средства связи»

Оперативные задачи

ЗАДАНИЕ 1. Вывести в ремонт одну из двух рабочих систем шин и заземлить с двух сторон разъединитель ТН этой системы шин.

Исходная схема - см. рис. 1. ОРУ-220 кВ ПС «Центральная-Тренэнерго» с двумя рабочими и одной обходной системами шин. ШСВ и ОВ совмещены (вариант без перемычки между обходной и рабочей системами шин). На I с.ш. АТ3, АТ1, Л-201; на II с.ш. АТ4, АТ2. ШОВ включен. Имеется АПВ на обеих системах шин, УРОВ, ДЗШ с фиксированным распределением присоединений. Предусмотрен автоматический перевод цепей напряжения защит при переводе присоединений на другие шины. Все разъединители с одним (ручным) приводом на три фазы. Взаимное расположение присоединений соответствует схеме ОРУ. Нагрузка присоединений, в том числе ШОВ, от 600 до 1000 А на каждом, нагрузка сборных шин на отдельных участках до 2000 А. Обходные шины без напряжения.

Задание. Составить бланк переключений с целью перевести присоединения на II с.ш., снять напряжение с I с.ш. и заземлить с двух сторон разъединитель ТН I с.ш. (РТН1).

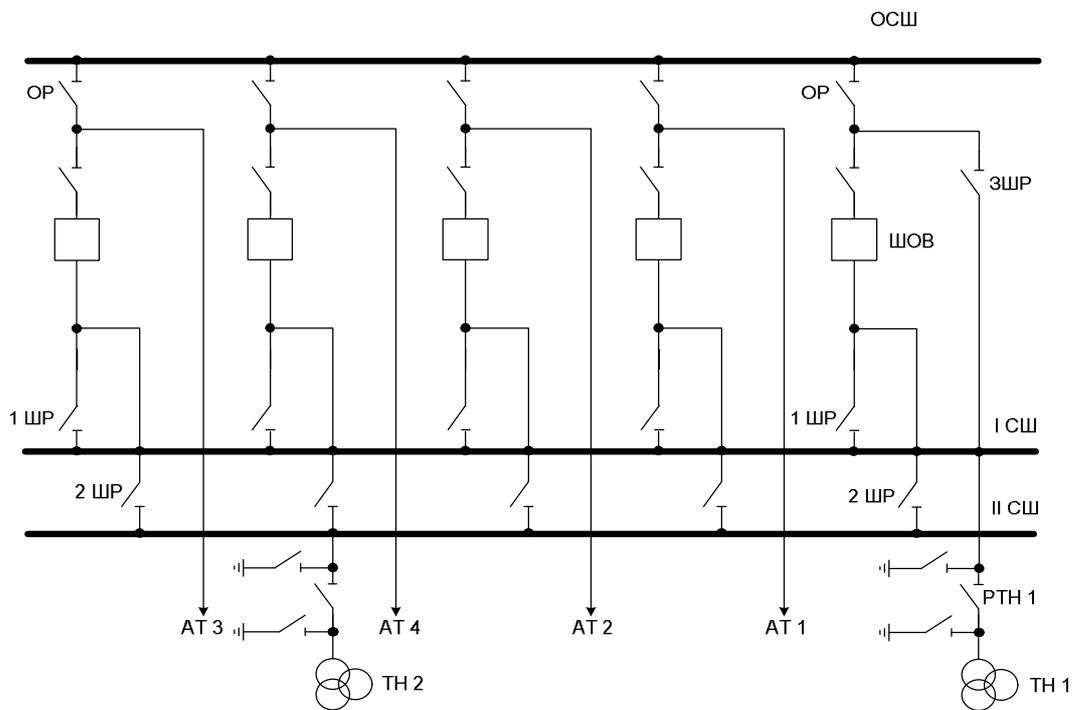
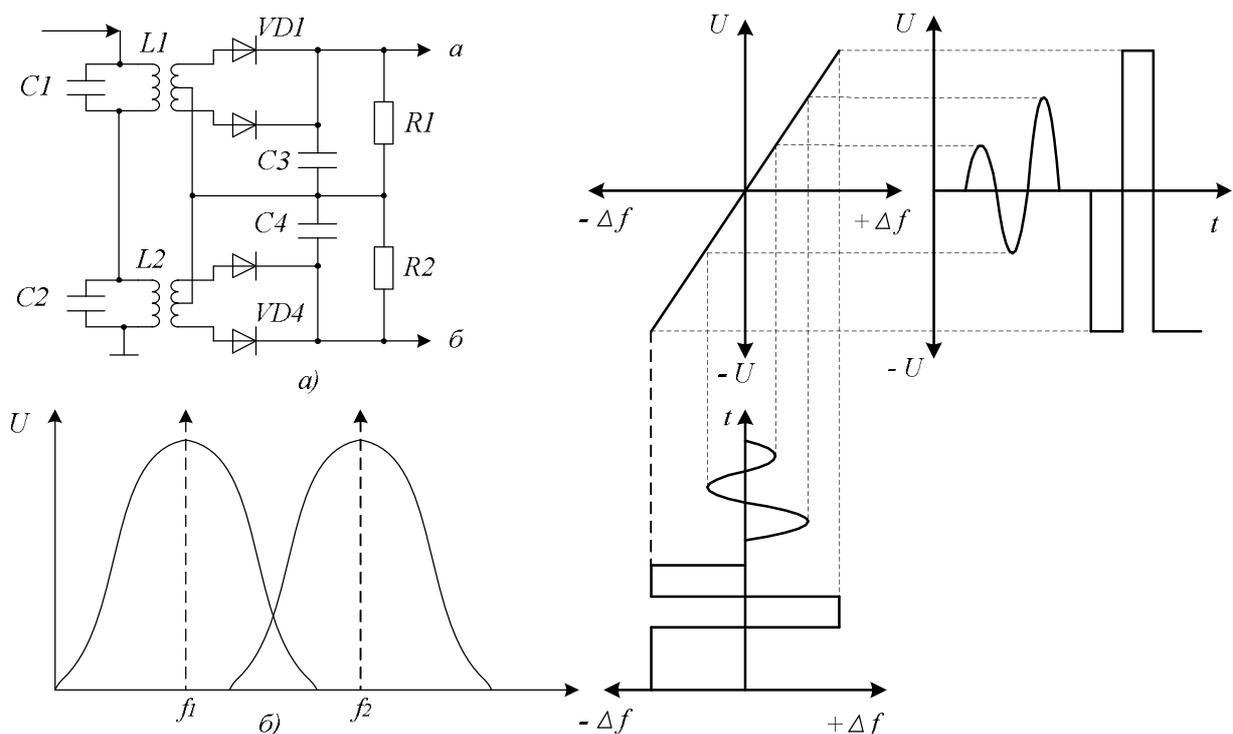


Рис. 1. Схема к заданию 1

ЗАДАНИЕ 2. Описать работу частотного детектора.



*а - схема детектора; б - частотная характеристика детектора;
в - сигнал постоянного тока на выходе детектора*

Рис. 2. Схема к заданию 2

10. Список использованной литературы

1. *Ломов В.Ф.* Методологические и теоретические проблемы психологии. М.: Наука, 1984.
2. *Маркушевич Н.С.* Автоматизированная система диспетчерского управления. М.: Энергоатомиздат, 1986.
3. *Никифоров Г.С.* Самоконтроль как механизм надежности человека-оператора. Л.: ЛГУ, 1977.
4. Психологические особенности деятельности диспетчеров энергосистем. Метод. разработка. М.: Всесоюзный институт повышения квалификации руководящих работников и специалистов, 1985.
5. Очерки психологии труда оператора / Под ред. *Е.А. Милеряна*. М.: Наука, 1974.
6. Теория и практика аутогенной тренировки. Изд. 2-е, перераб. и доп. Л.: Медицина, 1980.
7. *Цирель Я.А.* Оперативные переключения как этап стандартного цикла оперативного управления. Основные определения и стандартные термины. Уч. пособие. Изд. СПб. энерг. ин-та повышения квалификации руководящих работников и специалистов Минтопэнерго, 1995.
8. *Цирель Я.А.* Использование дедуктивного метода при разработке программ обучения оперативного персонала. // *Электрические станции*. 1991. №4.
9. Типовая инструкция по переключениям в электроустановках ТИ 34-70-040-85. М.: СПО Союзтехэнерго, 1985.
10. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации / Мин. топлива и энергетики РФ, РАО "ЕЭС России": РД 34.20.501-95. Изд. 15-е. М.: СПО ОРГРЭС, 1996.
11. *Филатов А.А.* Обслуживание электрических подстанций оперативным персоналом. М.: Энергоатомиздат, 1990.
12. *Цирель Я.А.* Особенности оперативных переключений по отключению и включению электрических цепей. Учеб. пособие. Ч.2. Изд. СПб. энерг. ин-та повышения квалификации руководящих работников и специалистов Минтопэнерго, 1995.
13. Инструкции по монтажу и эксплуатации дутьевых приставок к отделителям и разъединителям 35-220 кВ горизонтально-поворотного типа. БТИ ОРГРЭС. М.: Энергия, 1966.
14. Типовая инструкция по предотвращению и ликвидации аварий в электрической части энергосистем РД 34-20.561-92. М.: СПО ОРГРЭС, 1992.
15. *Цирель Я.А.* Составление оперативного бланка (программы) производства переключений. Учеб. пособие. СПб., 1995.
16. *Цирель Я.А.* Загрузка оперативно-диспетчерского персонала энергосистем оперативными переключениями и характерные ошибки при переключениях. Учеб. пособие. СПб., 1995.
17. *Мурашко Н.В.* Новое издание норм технологического проектирования подстанций // *Электрические станции*. №3. 1992.

18. РАО “ЕЭС России”. Департамент генеральной инспекции по эксплуатации электростанций и сетей / Аварийность в электроэнергетике. // Информ. бюллетень № 12-94. М.: СПО ОРГРЭС, 1994.

19. *Клушин Ю.А. и др.* Некоторые рекомендации по построению модели энергоблока, закладываемые в тепловые электростанции. // Тепловые станции. 1976. №6.

20. *М.П. Лобанов, В.П. Скакун, Б.А. Науменко.* Оперативные переключения в схемах электрических соединений электростанций и подстанций. Метод. указания к лабораторным занятиям. Владивосток: ДВПИ, 1988.

21. ТЭ-2М. Метод. указания по применению тренажера в процессе обучения, инструкция по пользованию. Опытный завод средств автоматизации и приборов ОЗАП Мосэнерго. М., 1988.

22. *Амелин С.В., Березкин А.А., Гурьев Д.Е., Зайцев В.А.* Руководство пользователя программы “Тренажер по оперативным переключениям для персонала энергетических объектов - Модус”. М., 1998.

23. Советчик диспетчера. Инструкция по Тренэнерго / *М.Я. Куно, А.В. Малышев, Б.Р. Морозович, В.А. Сулимов, Ю.И. Чалисов.* М.: НПЦ «Приоритет», 1999-2000.

24. Техническая документация фирмы “АББ Реле-Чебоксары (Автоматизация)”. Чебоксары, 1999-2002.

25. *Сипачева О.В.* Разработка алгоритмов автоматизированного формирования последовательности оперативных переключений в РЭС. Автореф. дис. ... канд. техн. наук, М., 1998.

26. *Пономаренко И.С., Дичина О.В.* Автоматизированное формирование бланков переключений в задачах АСДУ распределительных сетей // Электрические станции. 1998. №2. С.63-69.

27. Комплексная система автоматизированного управления распределительными сетями «Мосэнерго» / *И.С. Пономаренко, Е.В. Дубинский, А.О. Тютюнов, О.В. Дичина и др.* // Вестник МЭИ. 1998. №1. С.68-72.

28. Комплексная автоматизированная система диспетчерского управления, учета электроэнергии и контроля ее качества для систем электроснабжения городов / *И.С. Пономаренко, Е.В. Дубинский, А.О. Тютюнов, О.В. Дичина* // М-лы Всерос. науч.-техн. конф. «Городские электрические сети в современных условиях». СПб. 1998. С.78-81.

29. Автоматизированные системы тренажерной подготовки в распределительных электрических сетях / *И.С. Пономаренко, М.А. Калугина, Т.А. Власова, О.В. Дичина* // Конф. по программным и методическим средствам для подготовки персонала для электроэнергетики. Тез. докл. СПб. 1996. С.34-36.

30. Повышение эффективности схемы распределительной сети 10 кВ АГК и разработка рекомендаций по рациональной КРМ, расчету ТКЗ и режимов систем электроснабжения / *И.В. Жежеленко, Н.В. Савина, Ю.В. Мясоедов, И.П. Антоненко, Л.А. Чубарь* // Отчет о НИР №10/86, № государственной регистрации 1860045518. Мариуполь: ММИ, 1988.

31. *Ю.В. Мясоедов, Л.З. Рыбалов, А.М. Сидоренко.* Автоматизация системы электроснабжения Ачинского глиноземного комбината. // Повышение

эффективности и качества электроснабжения: Тез. докл. Всесоюз. науч.-техн. конф. Киев. 1990.

32. *Жежеленко И.В., Мясоедов Ю.В.* Оперативное автоматическое управление реактивной мощностью на промышленных предприятиях. // Повышение эффективности и качества электроснабжения: Тез. докл. Всесоюз. науч.-техн. конф. Киев. 1990.

33. Оптимизация режимов системы электроснабжения АГК / *Жежеленко И.В., Мясоедов Ю.В., Савина Н.В., Бурназова Л.В.* // Отчет о НИР № 8/90, № госрегистрации 01.9.00022310. Мариуполь: ММИ, 1992.

34. *Мясоедов Ю.В., Савина Н.В.* Использование проблемных ситуаций в производственных практиках студентов электроэнергетических специальностей. // Наука и учебный процесс: Тез. межвуз. науч.-метод. конф. Владивосток, 1996.

35. *Мясоедов Ю.В., Савина Н.В.* Проблемные ситуации, их анализ и эффективность в условиях производственной практики // Проблемы качества образования в современных условиях: М-лы III межвуз. учеб.-метод. конф. Благовещенск, 2002.

36. *Мясоедов Ю.В., Савина Н.В.* Применение методов активизации в учебном процессе // Проблемы качества образования в современных условиях: М-лы III межвуз. учеб.-метод. конф. Благовещенск, 2002.