

**31/3/2**

Одобрено кафедрой  
«Железнодорожная автоматика,  
телемеханика и связь»

Утверждено  
деканом факультета  
«Управление процессами  
перевозок»

# **Технологическая телефонная связь на железнодорожном транспорте**

**Рабочая программа и задание на контрольную работу  
с методическими указаниями  
для студентов VI курса**

**специальности  
190402 АВТОМАТИКА, ТЕЛЕМЕХАНИКА И СВЯЗЬ  
НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ (АТС, ВАТС)**

**специализации  
СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ  
НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ (СПИ)**



Москва – 2007

Программа составлена в соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования в соответствии с государственными требованиями к минимуму содержания и уровню подготовки инженера путей сообщения по специальности 190402 (АТС).

Составитель – ст. преп. Т.П. Ткач

Рецензент – канд. техн. наук, доц. Ю.Н. Панков

---

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ТЕЛЕФОННАЯ СВЯЗЬ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Рабочая программа  
и задание на контрольную работу

Редактор *П.В. Елистратова*  
Компьютерная верстка *А.Ю. Байкова*

---

Тип. зак.	Изд. зак.297	Тираж 500 экз.
Подписано в печать 27.12.07	Гарнитура NewtonC	Офсет
Усл. печ. л. 2,0		Формат 60×90 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>

---

Издательский центр РГОТУПС,  
125993, Москва, Часовая ул., 22/2

Участок оперативной печати РГОТУПС,  
125993, Москва, Часовая ул., 22/2

© Российский государственный открытый технический  
университет путей сообщения, 2007

## 1. ЦЕЛЬ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Технологическая телефонная связь» является одной из основных специальных дисциплин, изучаемых студентами специализации «Системы передачи и распределения информации на железнодорожном транспорте» на VI курсе.

Целью дисциплины является изучение принципов построения сетей различных видов технологической связи и используемой для нее переговорной аппаратуры, правилами проектирования и расчету элементов оборудования.

Задача дисциплины – подготовка специалистов по обслуживанию сетей технологической связи, проектированию технологической телефонной связи, конструированию устройств ТТС и научно-исследовательской работе в области технологической связи.

Изучив дисциплину, студент должен иметь представления:

- о перспективах развития и совершенствования устройств ТТС на железнодорожном транспорте;
- ведущихся в настоящее время научно-исследовательских работах, направленных на создание систем и устройств, обеспечивающих дальнейшее развитие новой вертикали цифровой оперативно-технологической связи.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ОСВОЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучив дисциплину, студент должен:

### 2.1. *Знать и уметь использовать:*

- виды технологической связи, используемой на различных уровнях иерархии железнодорожного транспорта, ее назначение, принципы организации, круг включенных работников, район действия;
- принцип проектирования телефонных сетей технологической связи, работу и основные характеристики ее устройства;
- условия правильной эксплуатации оборудования, его содержания и ремонт.

## 2.2. Владеть:

- навыками проектирования сети технологической связи, пользоваться инженерными методами расчета трактов передачи и их элементов;
- навыками пользования инженерными способами расчета отдельных узлов и элементов аппаратуры;
- уметь правильно организовать эксплуатацию каналов, первичных и вторичных сетей связи;
- навыками осуществления основных эксплуатационных измерений каналов, трактов и элементов аппаратуры.

## 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

### 3.1 Заочная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Курс – VI
Общая трудоемкость дисциплины	110	
Аудиторные занятия:	16	
лекции	8	
лабораторные занятия	8	
самостоятельная работа	79	
контрольная работа		1
Вид итогового контроля		Экзамен/зачет

### 3.2 Очно-заочная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	10 семестр	11 семестр
Общая трудоемкость дисциплины	110		
Аудиторные занятия:	56		
лекции	40	16	24
лабораторные занятия	16	16	
самостоятельная работа	54		
Вид итогового контроля		Зачет	Экзамен/зачет

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1 Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Лекции, ч	Лабораторный практикум, ч
1	Виды технологической связи на железнодорожном транспорте, их организация, используемые линии и аппаратура	1,0	1
2	Построение групповых каналов оперативно-технологической связи. Способы сопряжения аппаратуры распорядительных станций и промежуточных пунктов с каналами НЧ и ТЧ	2,9	2,0
3	Оконечная аппаратура на распорядительных и промежуточных пунктах ОТС, приборы для разговора, вызова и управления передачами	1,0	1,0
4	Применение двусторонних усилителей в каналах НЧ, виды усилителей и оценка устойчивости связи	1,0	1,0
5	Системы передачи, применяемые на сетях технологической связи, образование групповых каналов ТЧ	1,0	1,0
6	Проектирование кругов ОТС, показатели и оценка качества телефонной передачи. Расчет затухания групповых телефонных цепей	2,0	2,0

## **4.2. Содержание разделов дисциплины**

Железнодорожный транспорт как важнейшая отрасль народного хозяйства страны. Структура железнодорожного транспорта и оперативное управление его работой. Технологическая телефонная связь, используемая для оперативного управления перевозочным процессом, ее виды и уровни иерархии. Пути совершенствования системы управления работой железнодорожного транспорта и дальнейшее развитие технологической связи.

### **РАЗДЕЛ 1**

#### **Основы организации технологической телефонной связи**

Система оперативной доставки информации от источника к приемнику информации. Построение системы, ее элементы и их назначение. Реализация системы доставки информации посредством технологической телефонной связи различного назначения.

Сети магистральной, дорожной, отделенческой и станционной технологической связи. Принципы построения, районы действия, круг включаемых абонентов. Характер и объем переговоров, проводимых абонентами. Их оперативное воздействие на работу подразделений железных дорог. Приоритетные возможности отдельных абонентов при осуществлении соединений и ведении переговоров. Возможность осуществления руководящим лицом избирательного вызова и разговора с отдельными абонентами, группой абонентов или всеми абонентами сети, перебой (прерывание) разговора абонентов и др.

Формирование сетей технологической связи с использованием каналов тональной и низкой чистоты (ТЧ, НЧ) воздушных и кабельных линий связи. Применение составных каналов ТЧ+НЧ. Возможности и способы выделения обходных каналов ТЧ различных систем передачи. Аппаратура для параллельного выделения каналов. Способы сопряжения обходных каналов ТЧ с аппаратурой распорядительных станций и групповыми телефонными цепями. Переходные устройства, распределители направлений, их использование при организации сетей технологической связи. Виды распределителей направлений, их устройство и электрические характеристики.

Системы избирательного вызова, их возможности и используемые сигналы. Датчики и приемники вызова, структурные схемы и их элементы. Взаимоизбирательный вызов и его применение.

Переговорная аппаратура: громкоговорители, микрофоны, усилители и др. Элементы управления работой переговорной аппаратуры при проведении переговоров абонентами.

Промежуточные двусторонние усилители, применяемые для увеличения дальности связи. Виды усилителей, их устройство и включение в групповые каналы. Условия устойчивой работы двусторонних усилителей в групповых каналах.

[1 – гл. 1; 2 – гл.10; 4 – гл.12]

## РАЗДЕЛ 2

### **Магистральная и дорожная технологическая связь**

Виды магистральной и дорожной технологической связи. Ее назначение и зоны действия. Закрепление различных видов связи за работниками МПС и управлений железных дорог.

Связь ЦДПП – связь ревизора диспетчера оперативно-распорядительного отдела управления перевозок МПС. Связь ДПП – связь диспетчера оперативно-распорядительного отдела службы перевозок управления железной дороги.

Круг станций и абонентов, включаемых в сети связи ЦДПП и ДПП. Организация их по принципу дорожной распорядительной связи (ДРС), особенности построения и возможности. Избирательный вызов со стороны распорядительной станции и громкоговорящий прием речи на РС. Построение тракта передачи по принципу односторонней передачи, прямое и обратное управление при ведении передач. Осуществление принципа «говорит один – слышат все».

Применение для организации ДРС каналов ТЧ систем передачи К-24т, К-60т, ИКМ-120т.

Аппаратура, устанавливаемая на распорядительных станциях ДРС-Р, исполнительных станциях ДРС-И и распорядительно-исполнительных станциях ДРС-РИ. Структурные схемы аппаратуры ДРС, их элементы и выполняемые функции.

Магистральная и дорожная связь совещаний. Районы дей-

ствия МСС и ДСС. Образование связи на период проведения совещаний. Включаемые в сети станции и абоненты. Требования к связи совещаний. Громкоговорящий прием в студиях абонентов. Вызов любого абонента голосом. Говорит один абонент, его слышат остальные абоненты. Возможность перебоя говорящего абонента со стороны РС. Высокое качество передачи по каналам и акустических характеристик студий, надежность сети связи. Минимальное время подготовки связи к проведению совещаний. Непрерывный контроль за работой связи во время совещаний со стороны обслуживающего персонала. Построение трактов передачи связи совещаний, структурные схемы, состав оборудования, устройство студий совещаний. Аппаратура связи совещаний МСС-12-6м, МСС-2-1м, ДОСС-М и КТС. Ее использование и возможности. Структурные схемы, функциональные узлы, их назначение.

[1 – гл. 4; 4 – гл.13]

### **РАЗДЕЛ 3**

#### **Отделенческая технологическая связь**

Виды отделенческой технологической связи. Оперативно-технологическая связь, организуемая по принципу диспетчерской связи. Поездная диспетчерская (ПДС), энергодиспетчерская (ЭДС), вагонная распорядительная (ВДС), служебная диспетчерская (СДС), локомотивная диспетчерская (ЛДС), билетная диспетчерская (БДС) и др.

Поездная диспетчерская связь. Организация ПДС на участках управления движением поездов. Протяженность кругов ПДС и включаемые в них абоненты.

Особенности работы поездного диспетчера (ДНС) и его взаимодействие с дежурным по станциям (ДСП), включенными в круг ПДС.

Организация групповых каналов ПДС, состав оборудования на распорядительной станции и в промежуточных пунктах. Использование физических цепей магистрального кабеля МКП, МКБ и др. и каналов ТЧ систем передачи К-3тм, К-24т, К-60т, ИКМ-120т и др.

Применение составных каналов ТЧ+НЧ. Структурные схе-

мы групповых трактов ПДС. Аппаратура, устанавливаемая на распорядительных станциях РСДТ-1м, РСДТ-2м, ее функциональные узлы и работа. Аппаратура промежуточных пунктов ППТ, ППС и ППИ, коммутатор технологической связи КТС и другие виды устройств.

Постанционная связь. Назначение ПС как части дорожной связи общего использования. Район действия ПС, включаемые абоненты, протяженность кругов. Организация групповых каналов ПС с применением каналов НЧ и обходных каналов ТЧ. Включение канала ПС в междугородние коммутаторы и АТС на РС и в промежуточных пунктах. Особенности вызова и соединения между абонентами ПС.

Применяемая аппаратура: ПСТ-2м, ПСТ-4, ППТ, ППС, ППИ и др. Комплекты для автоматической связи ВАПР и ВАПП, устанавливаемые на РС и в ПП.

Межстанционная и перегонная связь. Назначение МЖС и ПГС, зона их действия, включаемые станции и абоненты. Организация связи, использование прямых двухпроводных и четырехпроводных каналов НЧ. Абонентские комплекты для межстанционной и перегонной связи (КМЖС, КППС). Порядок осуществления соединений между абонентами при переговорах.

Организация МЖС и ПГС по общим двух- и четырехпроводным каналам НЧ.

[1 – гл.5; 2 – гл. 1,2,4]

## **РАЗДЕЛ 4**

### **Станционная технологическая связь**

Технические процессы, выполняемые с поездами и грузами на станциях. Деление станций по характеру и объему работы на них. Оперативное руководство работой на станции. Стрелочная, станционная, распорядительская и директорская связь. Назначение и круг включаемых абонентов, особенности организации связи и построение сетей связи станционного диспетчера (ДСЦС), маневрового диспетчера (ДСЦ), дежурного по паркам (ДСПП), дежурного по горке (ЦСПГ) и др.

Используемые линии связи и аппаратура, выполняемые соединения. Комплекты станционной связи КТС-1; КСМ.

## РАЗДЕЛ 5

### Элементы проектирования оперативно-технологической связи

Технико-эксплуатационные требования при строительстве ОТС. Выбор варианта организации и его технико-экономические обоснования. Построение трактов передачи каналов ОТС, выбор аппаратуры устанавливаемой на станциях. Выбор пунктов выделения обходных каналов ТЧ и способа сопряжения их с групповыми каналами НЧ и аппаратурой на станциях.

Расчет затухания трактов передачи каналов НЧ при различных условиях их работы. Нормы передачи при построении ОТС.

Выбор типа и расчет числа двусторонних усилителей, их размещение на линии. Определение устойчивости связи по групповым каналам НЧ с двусторонними усилителями.

Расчет и построение диаграмм уровней передачи для различного вида каналов ОТС. Расчет защищенности каналов от электрических и акустических шумов.

Оборудование служебных помещений для абонентов станций. Акустические расчеты студий совещаний на станциях, в производственных помещениях, территориях станционных парков, платформах и пр.

Спецификация оборудования и расчет затрат на строительство сети ОТС на железной дороге.

Техника безопасности при работах по ремонту аппаратуры оперативно-технологической связи.

[1 – гл. 7; 2 – гл. 3, 5, 6, 7; 3; 4 – гл. 12]

### 4.3 Лабораторный практикум

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Название работы	Количество часов
1	4	Изучение характеристик, принципов работы коммутатора КТС-1	2
2	4	Изучение характеристик, принципов работы коммутатора КСМ	2
3	3	Изучение каналообразующих аппаратуры ОК-3М; ПК-3М	2
4	2		2

### Перечень лабораторных занятий

№ п/п	Наименование темы	Количество часов
1	Изучение принципа избирательного вызова, устройство и работа датчика и приемника вызова	2,0
2	Изучение организации и аппаратуры поездной диспетчерской связи	2,0
3	Изучение организации и аппаратуры станционной и линейно-путевой связи	2,0
4	Изучение организации и аппаратуры дорожно-распорядительной связи и связи совещаний	2,0
5	Изучение организации и аппаратуры станционной связи	2,0
6	Изучение переходных устройств и телефонных двусторонних усилителей	2,0

#### 4.4. Практические занятия

Не предусмотрены.

### 5. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Предусмотрена контрольная работа, состоящая из трех задач. Время, необходимое для ее выполнения – 20 часов.

### 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 6.1. Рекомендуемая литература

##### *Основная*

1. Шалягин Д. В. Автоматика, телемеханика и связь: Уч. пос. – М.: РГОТУПС, 2007.

##### *Дополнительная*

2. Волков В. М. Технологическая телефонная связь на железнодорожном транспорте: Учеб. – М: Транспорт, 1990.

3. К о с о в а В . В . Оперативно – технологическая связь отделения железной дороги. – М.: Транспорт, 1993.

4. Ч е б о т а р е в Ю . П . Расчет параметров групповых телефонных цепей оперативно-технологической связи //Автоматика, телемеханика и связь. №8, 1992.

5. В о л к о в В . М . Телефонная связь на железнодорожном транспорте: Учебник для вузов. – М.: Транспорт, 1984.

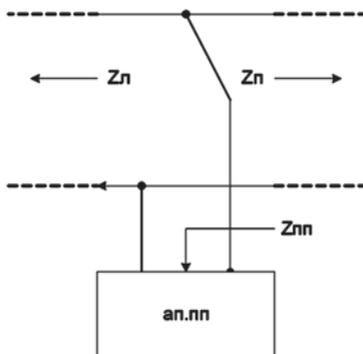
6. Б а г у ц В . П . Многоканальная телефонная связь на железнодорожном транспорте: Учеб. – М.: Транспорт, 1988.

## ЗАДАНИЕ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ

### Задача 1

Рассчитать затухание группового телефонного канала низкой частоты оперативно-технологической связи.

*Исходные данные:* длина групповой цепи — табл.1; вид линии связи — табл.2; число и тип параллельно включенной в цепь аппаратуры — табл.3 и рис.1.



*Рис. 1. Схема параллельного включения в телефонную цепь аппарата промежуточного пункта*

Таблица 1

Сумма трех последних цифр шифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Длина групповой телефонной цепи, км	135	118	145	165	120	125	110	175	140
Сумма трех последних цифр шифра	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Длина групповой телефонной цепи, км	155	100	105	140	136	115	170	160	180
Сумма трех последних цифр шифра	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Длина групповой телефонной цепи, км	95	108	127	148	157	138	122	152	164
									172

Таблица 2

Последняя цифра шифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Кабель жил	МКС	МКС	ТЗБ	ТЗБ	ТЗП	ТЗА	ТЗА	МКП	МКБ	МКС
Диаметр, мм	1,05	1,2	0,9	1,2	1,2	1,2	1,2	1,05	1,2	1,2

Таблица 3

Сумма двух последних цифр шифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ППТ	4	3	3	4	5	6	3	3	4	3
ППИ	2	3	4	5	6	5	5	4	3	5
КТС	2	3	2	4	2	3	3	4	3	2
КАСС	3	4	5	2	3	4	3	5	6	4
Малые АТС	2	3	2	1	2	2	3	2	1	2
Цепи ответвления	1	2	1	2	2	1	1	1	2	1
Сумма двух последних цифр шифра	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
ППТ	5	6	4	7	5	4	5	4	5	
ППИ	2	3	4	5	3	4	5	4	3	
КТС	4	3	2	4	3	5	4	3	3	
КАСС	3	4	3	6	4	5	5	5	6	
Малые АТС	2	3	3	1	2	3	2	2	1	
Цепи ответвления	1	2	2	1	1	2	1	2	1	

### Методические указания к выполнению задачи 1

В простейшем случае групповой канал низкой частоты ОТС представляет собой телефонную физическую цепь воздушной или кабельной линии связи, в которую включены переговорно-вызывные устройства линейных станций участка железной дороги.

Каждое из этих устройств-аппаратов промежуточных пунктов вносит в телефонную цепь некоторое затухание, которое зависит от входного сопротивления устройств и линии. Это затухание при наличии по концам цепи согласованных сопротивлений можно определить из соотношения

$$a_{\text{л}} = \alpha L + \Delta a, \quad (1)$$

где  $\alpha$  – километрический коэффициент затухания цепи;

$L$  – длина цепи;

$\Delta a$  – затухание, вносимое всеми параллельно включенными устройствами ПП, определяемое как сумма затуханий.

$$\Delta a = K_1 \Delta a_{\text{пп}1} + K_2 \Delta a_{\text{пп}2} + K_3 \Delta a_{\text{пп}3} + \dots, \quad (2)$$

где  $\Delta a_{\text{пп}1}, \Delta a_{\text{пп}2}, \Delta a_{\text{пп}3}, \dots$  – затухания, вносимые устройствами одного типа;

$K_1, K_2, K_3, \dots$  – число устройств каждого типа.

Затухание каждого из параллельно включенных устройств определяется выражением

$$\Delta a_{\text{пп}} = 20 \lg \left| 1 + \frac{Z_{\text{л}}}{2Z_{\text{пп}}} \right|. \quad (3)$$

После некоторых преобразований этого выражения расчетная формула будет иметь вид

$$\Delta a_{\text{пп}} = 10 \lg (1 + 0,25m^2 + m \cos \varphi), \quad (4)$$

где  $m = \frac{|Z_{\text{л}}|}{|Z_{\text{пп}}|}$  – отношение модулей сопротивления  $Z_{\text{л}}$  и  $Z_{\text{пп}}$ ,

$\varphi = \varphi_{\text{л}} - \varphi_{\text{пп}}$  – разность углов этих сопротивлений.

Расчетная формула приобретает более простой вид, если  $|Z_{\text{пп}}| \geq 10 |Z_{\text{л}}|$ :

$$\Delta a_{\text{пп}} = 4,34m \cos \varphi. \quad (5)$$

Затухание групповой цепи требуется определить на частоте 800 Гц. Параметры кабельной линии связи и телефонной аппаратуры станций на этой частоте указаны в табл. 4 и 5. Параметры некоторых кабелей на частоте 800 Гц – табл. 4 и входные сопротивления на частоте 800 Гц телефонной аппаратуры, включаемой на промежуточных станциях, – табл. 5. В расчетах принять  $Z_{\text{л}} = Z_{\text{в}}$ , где  $Z_{\text{в}}$  – волновое сопротивление линии.

Таблица 4

Кабель	$d$ , мм	$\alpha$ , Дб/км	$\beta$ , рад/км	$ Z_{\text{л}} $ , Ом	$\varphi_{\text{в}}^*$
МКБ	1,2	0,38	0,053	465	$-41^\circ 13'$
МКП	1,05	0,41	0,050	610	$-42^\circ$
МКС	1,2	0,37	0,049	490	$-41^\circ$
ТЗБ	1,2	0,431	0,055	424	$-41^\circ 39'$

Окончание табл. 4

Кабель	$d$ , мм	$\alpha$ , Дб/км	$\beta$ , рад/км	$ Z_n $ , Ом	$\varphi_n^*$
ТЗБ	0,9	0,57	0,069	588	-43-03'
ТЗА	1,2	0,52	0,0572	434	-43°42'
ТЗП	1,2	0,402	0,0572	380	-43°42'

\* $\varphi_n$  — угол волнового сопротивления линии.

Таблица 5

Телефонная аппаратура	$ Z_{пп} $ , кОм	$\varphi_{пп}$ , град
ППТ	40	20
ППИ	25	10
ППС	60	35
КТС	15	12
КАСС	8	10
АТС	0,8	15
МК	0,6	8

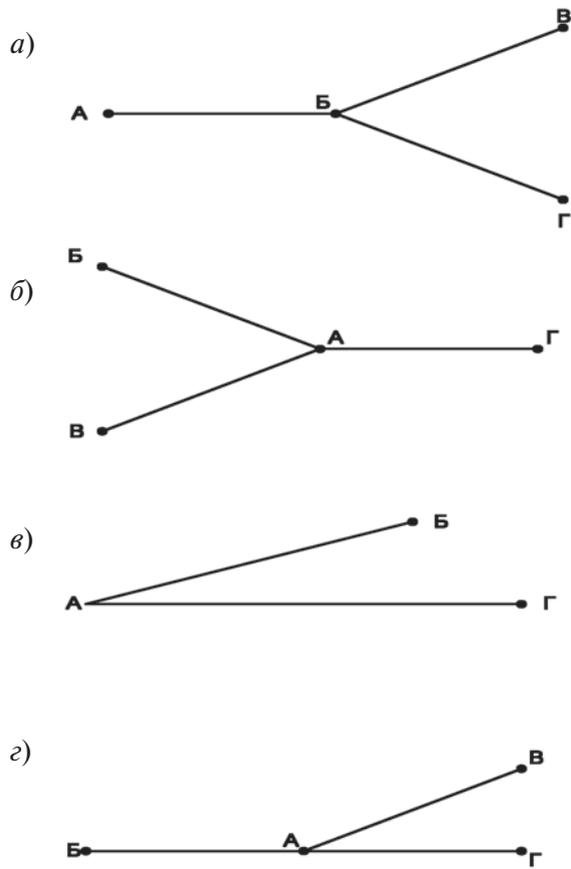
### Задача 2

Образовать круги оперативно-технологической связи на магистрали железной дороги.

*Исходные данные:* схема магистрали железной дороги (рис. 2 и табл. 6) длина участков магистрали и число станций на каждом участке (табл. 7) системы передачи, используемые на магистрали (табл. 8); аппаратура связи, установленная на станциях (табл. 9).

Таблица 6

Последняя цифра шифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Система магистрали железной дороги	а	б	б	г	в	г	б	а	в	а



*Рис. 2. Варианты магистралей железной дороги*

Таблица 7

Схема (рис. 2)	Участок маги- страли	Последняя цифра шифра									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>a</i>	А-Б	145	152	165	100	96	147	98	75	80	65
		25	8	35	20	25	21	16	8	20	15
	Б-В	46	13	15	85	145	75	72	25	16	112
		5	3	3	24	12	16	18	5	3	20
	Б-Г	50	130	75	30	28	42	32	142	65	52
		10	21	20	5	4	4	7	30	15	9
<i>б</i>	А-Б	5	5	164	50	100	95	85	78	80	75
		2	3	15	10	15	15	10	10	12	12
	А-В	84	74	22	65	51	37	90	42	38	48
		15	12	5	13	4	2	15	3	3	4
	А-Г	60	195	46	29	85	90	16	62	60	85
		10	20	10	3	12	12	3	10	10	15
<i>в</i>	А-Б	120	95	80	65	78	85	65	85	95	62
		25	18	12	15	12	12	12	20	20	12
	А-В	185	135	141	125	130	135	175	165	151	112
		30	25	22	25	23	22	18	27	30	20
<i>г</i>	А-Б	25	65	95	76	56	112	65	78	135	165
		12	10	15	12	8	24	75	10	24	27
	А-В	16	30	17	20	19	28	135	28	45	13
		5	3	5	2	3	3	23	3	10	2
	А-Г	15	14	105	33	105	96	25	145	16	35
		4	80	20	3	19	10	4	25	3	5

Таблица 8

Последняя цифра шифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Тип системы передачи	К-24г	К-60г	К-12+12	ИКМ-120г	К-60г	К-24г	К-12+12	К-60г	ИКМ-120г	К-60г

Таблица 9

Последняя цифра шифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Телефонная аппаратура	ППТ	КТС	ППИ	КТС	КАСС	ППИ	КТС	КАСС	ППТ	ППИ

### Методические указания к выполнению задачи 2

При выполнении этой задачи необходимо: на заданной магистрали образовать несколько кругов диспетчерской связи, рассчитать затухание групповых телефонных цепей в пределах каждого круга, определить число двусторонних усилителей и разместить их на магистрали.

Вариант магистрали железной дороги, на которой требуется образовать круги диспетчерской связи, берется из табл. 6 и рис. 2. Число станций, входящих в круг, принять не более 15. Считать, что на каждой станции (в промежуточном пункте) включено по одному аппарату. В пределах каждого круга станции расположить равномерно.

Для примера на рис. 3, а показана магистраль, состоящая из участков: длина в км – числитель дроби, количество включенных станций – знаменатель.

Учитывая, что предельное число станций в круге равно 15, находим число кругов  $\frac{12+18+8}{15} = 2,53$ . Следовательно, на ма-

гистрале должно быть образовано 3 круга. Один из возможных вариантов образования кругов показан на рис. 3, б. Здесь групповая телефонная цепь I круга включается непосредственно в аппаратуру распорядительной станции РС1, находящейся в пункте А, где располагается ОД. Удаленные II и III круги соединяются с аппаратурой РС2 и РС3 при помощи двух обходных каналов ТЧ, выделение которых осуществляется в пункте Б.

Выбирая пункты выделения каналов ТЧ при организации кругов ОТС, нужно учитывать возможности систем передачи, используемых на заданной магистрали (см. табл. 8). Считать, что в пункте А (при отделении дороги) установлено оборудование ОП или ОУП (ОРП) заданной системы передачи.

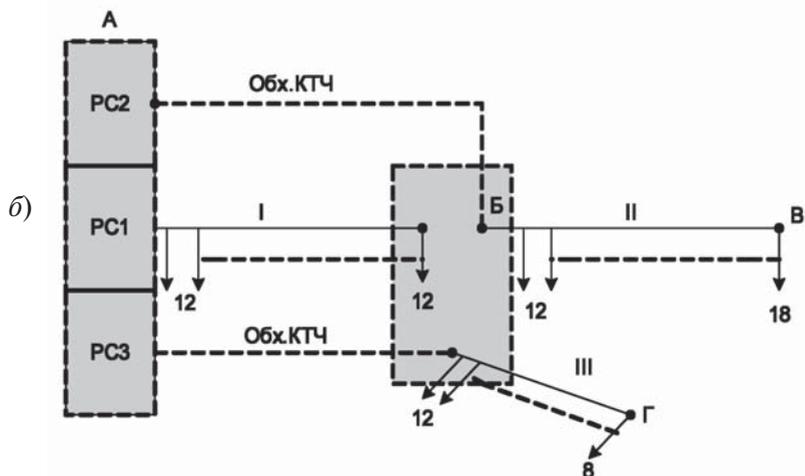
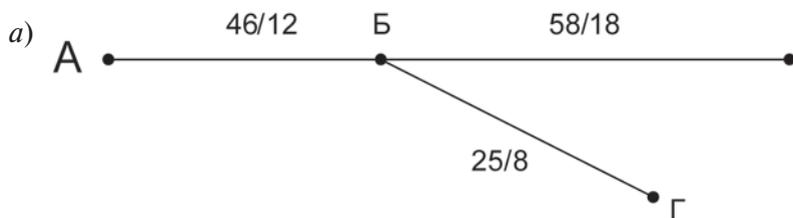


Рис. 3. Схема магистрали железной дороги (а) и вариант образования кругов ОТС на магистрали (б)

При оборудовании кругов ОТС предусмотреть и показать на схеме всю необходимую аппаратуру на распорядительной и промежуточных станциях и устройства сопряжения каналов ТЧ с групповыми телефонными цепями и аппаратурой РС.

Далее следует расчет затухания телефонных цепей каждого круга. Его можно выполнить по упрощенным формулам, учитывая равномерное включение в цепь кругов однотипных устройств. В этом случае можно считать, что затухание, вносимое в цепь параллельно включенными устройствами, равномерно распределено по всей длине цепи. Поэтому можно принять, что километрический коэффициент затухания цепи будет определяться равенством

$$\alpha' = \alpha + \Delta\alpha, \quad (6)$$

где  $\alpha$  – километрический коэффициент затухания одnorodной цепи;

$\Delta\alpha$  – приращение этого коэффициента за счет параллельного включения в цепь телефонных устройств на станциях магистрали.

$$\Delta\alpha = \frac{\Delta a_{\text{пп}}}{L_0}, \quad (7)$$

где  $a_{\text{пп}}$  – затухание, вносимое в телефонную цепь одним устройством, определяемое по формуле (4);

$L_0$  – расстояние между станциями;  $L_0 = \frac{L}{K}$ ;

$L$  – длина телефонной цепи;

$K$  – число станций.

В расчетах принять параметры кабеля, приведенные в табл. 4, а параметры аппаратуры промежуточных станций – в табл. 5.

Предельным значением затухания телефонной цепи диспетчерской связи принять 19 дБ. Если при расчетах затухание цепи в пределах круга будет превышать это значение, то необходимо использовать двусторонние промежуточные усилители, расположив их равномерно по длине телефонной цепи.

Усиление  $S$ , которое должны вносить усилители, определяется соотношением

$$S = \alpha' L - a_0, \quad (8)$$

где  $a_0$  – остаточное затухание телефонной цепи, равное 19 дБ.

При использовании двусторонних усилителей ПТДУ-67, ПТДУм усиление каждого на частоте 800 Гц следует брать не более 9 дБ. Длина  $L_{\text{уч}}$  и затухание  $a_{\text{уч}}$  усилительных участков рассчитываются по формулам:

$$L_{\text{уч}} = \frac{L}{n+1}; \quad (9)$$

$$a_{\text{уч}} = \beta' L_{\text{уч}}, \quad (10)$$

где  $n$  – число усилителей.

При усилении каждого из усилителей, равном 9 дБ, рекомендуется использовать не более трех усилителей.

После выбора числа усилителей и размещения их на магистрали следует построить диаграмму уровней для обоих направлений передачи. Это нужно сделать для одного круга с большим числом промежуточных усилителей. При построении диаграммы уровней принять: уровень на входе групповой телефонной цепи при передаче с каждой стороны, равным +5 дБ, минимальный уровень в конце цепи – 14 дБ.

[1 – гл. 7; 2 – гл. 5; 3].

### Задача 3

Определить устойчивость телефонной цепи с двусторонними усилителями.

*Исходные данные:* групповая телефонная цепь магистрали железной дороги (рис. 4) и пункты (точки) параллельного включения в нее телефонных устройств (табл. 10); расстояние между пунктами (табл. 11); пункты включения двусторонних усилителей (табл. 12) и их усиление (табл. 13).

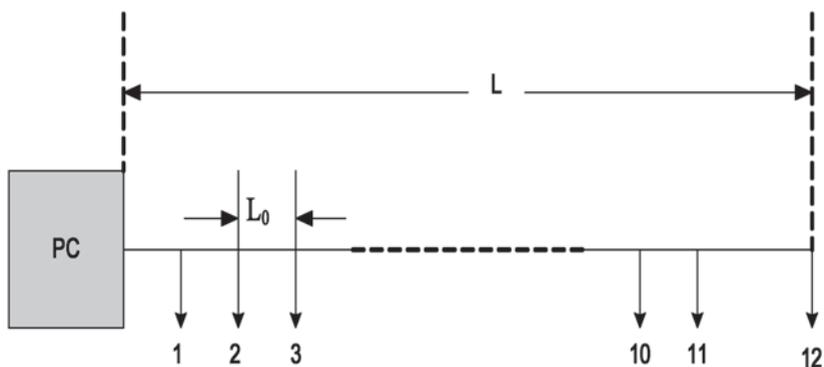


Рис. 4. Схема расположения на магистрали пунктов для включения телефонной аппаратуры

Таблица 10

Последняя цифра шифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Аппаратура в промежуточных пунктах:										
ППТ	1;3	-	2;3	1	5;7	1	7	3;9	1;3	3
ЛПС	8;9	2;3	-	-	3	-	1;2	1	9	8
ППИ	-	6	5;7	3;4	-	2;3	6	6	2	7
КАСС	11	10	-	6	11	12	-	-	-	5
АТС	5	4	12	11	10	8	4	4	6	12
МК	-	7	9	7	9	5	9	11	3	6

Таблица 11

Последняя цифра шифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Расстояние между пунктами, км	7,0	5,2	5,5	8,5	9,0	8,0	6,5	7,3	6,4	4,8

Таблица 12

Предпоследняя цифра шифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Пункт включения усилителей	У1	2	3	4	4	6	3	5	4	2	4
	У2	7	9	8	17	10	8	8	9	7	7

Таблица 13

Предпоследняя цифра шифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Усиления усилителей, дБ	У1	S'' <sub>1</sub>	8,5	8,5	6,2	7,4	4,5	6,3	8	8,3	10	7,1
		S'' <sub>2</sub>	10	10	7,0	8,5	10	9,0	11	5,5	8,5	6,5
	У2	S'' <sub>1</sub>	4,1	4,1	8,7	5,6	4,9	9,1	4,2	7,2	6,5	10
		S'' <sub>2</sub>	6,2	6,2	9,0	7,3	9,5	5,2	10	6,1	5,6	8,2

### Методические указания к выполнению задачи 3

Под устойчивостью электрической системы (усилителя, канала связи и др.) нужно понимать свойство препятствовать самовозбуждению, т.е. возникновению в ней незатухающих колебаний. При самовозбуждении система превращается в генератор собственных колебаний и нормальная ее работа нарушается. Явление самовозбуждения может возникнуть в каждой электрической системе, содержащей активные элементы при наличии в ней положительной обратной связи. К таким системам относятся и телефонные двусторонние усилители, используемые в каналах низкой частоты для увеличения дальности связи.

Телефонный двусторонний усилитель (рис. 5) содержит два усилительных элемента УЭ1 и УЭ2, включенных навстречу друг другу, и две развязывающие дифференциальные системы ДС1 и ДС2. Усилительные элементы и дифференциальные системы образуют замкнутую электрическую цепь – петлю обратной связи, по которой протекает ток. Его величина определяется параметрами входящих в петлю ОС элементов.

Развязывающие свойства каждой дифференциальной системы характеризуются переходным затуханием, которое определяется соотношением:

$$a_{\text{п}} = 20 \lg \left| \frac{I_{\text{вых}}}{I_{\text{вх}}} \right|, \quad (11)$$

где  $I_{\text{вых}}$  – ток на выходе усилительного элемента одного направления;

$I_{\text{вх}}$  – ток на входе усилительного элемента другого направления.

Переходное затухание  $a_{\text{п}}$  дифференциальной системы можно выразить через входные сопротивления линии  $Z_{\text{л}}$  и уравнивающего ее балансного контура  $Z_{\text{б}}$  посредством соотношения

$$a_{\text{п}} = 20 \lg \left| \frac{Z_{\text{л}} + Z_{\text{б}}}{Z_{\text{л}} - Z_{\text{б}}} \right| + 6 = a_{\text{б}} + 6, \quad (12)$$

где  $a_{\text{б}}$  – балансное затухание ДС.

Из соотношения (12) видно: чем лучше уравновешена ДС,

т.е. значения сопротивлений  $Z_{л}$  и  $Z_{6}$  ближе друг к другу, тем больше будут значения величин  $a_{6}$  и  $a_{п}$ . В результате увеличения переходного затухания уменьшится ток обратной связи через ДС и, следовательно, повысится устойчивость усилителя.

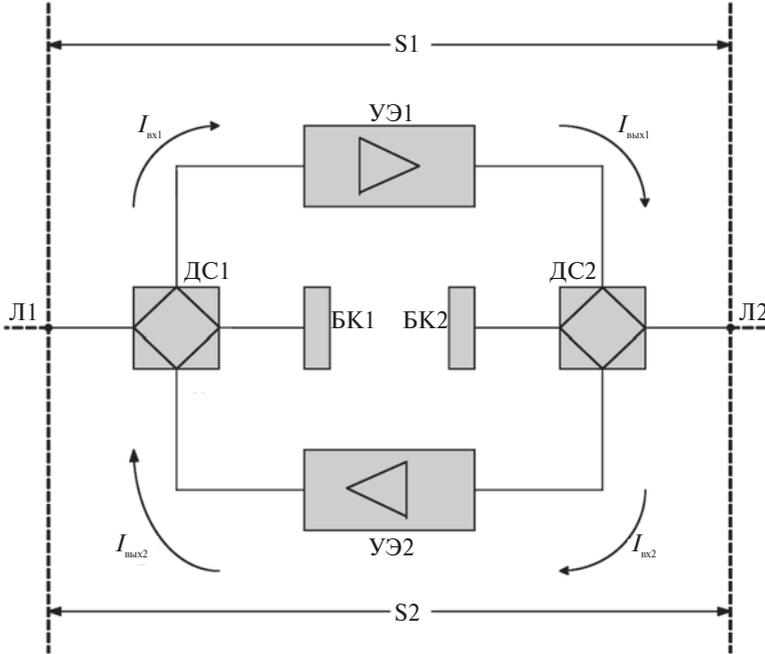


Рис. 5. Структурная схема двустороннего усилителя

С другой стороны, при недостаточной уравновешенности ДС значения величин  $a_{6}$ ,  $a_{п}$  и устойчивость усилителя будут уменьшаться, а при некотором значении тока  $I_{вх}$ , превышающем критическое, в усилителе возникнут незатухающие колебания.

На практике устойчивость двустороннего усилителя определяется величиной  $\sigma$

$$\sigma = \frac{a_{61} + a_{62}}{2} - \frac{S_1 - S_2}{2}, \quad (13)$$

где  $a_{61}$  и  $a_{62}$  – балансные затухания двух дифференциальных систем усилителя;

$S_1$  и  $S_2$  – усиления усилителя в обоих направлениях передачи.

По нормам для отдельного усилителя и всей телефонной цепи значение  $\alpha$  должно быть не менее, чем 1,74 дБ (0,2 Нп). При нескольких включенных в цепь усилителях ее устойчивость определяется величиной  $\alpha$  наименее устойчивого усилителя.

Групповой телефонный канал ОТС, основу которого составляет двухпроводная физическая цепь, является по своей структуре неоднородным. В таких каналах токи обратной связи возникают не только в самих усилителях, но и в телефонных цепях, примыкающих к усилителям, из-за несогласованности сопротивлений элементов тракта.

Эти токи (рис. 6) распространяются по цепи и поступают на вход усилительного элемента усилителя обратного направления. В этом случае переходное затухание ДС  $a'_{\Pi}$  будет определяться соотношением:

$$a'_{\Pi} = 20 \lg \left| \frac{I_{\text{ВЫХ}}}{I_{\text{ВХ}} + I_{\text{ОТ}}} \right| = a'_{\Pi} + 6, \quad (14)$$

где  $I_{\text{от1}} + I_{\text{от2}} + I_{\text{от3}} + \dots + I_{\text{отn}}$  – сумма токов, отраженных от точек несогласованности.

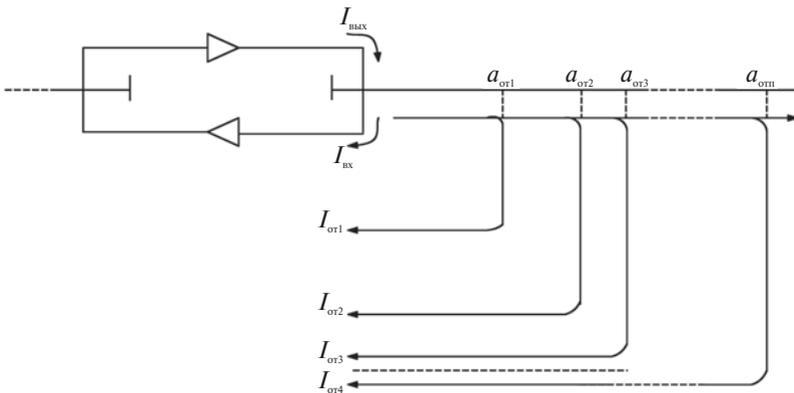


Рис. 6. Схема путей распространения токов ОС в телефонной цепи

Из сравнения соотношений (11) и (14) видно, что  $a_{\Pi} < a'_{\Pi}$  и  $a_{\Gamma} < a'_{\Gamma}$  т.е. уменьшение устойчивости усилителя в этом случае происходит за счет уменьшения балансного сопротивления

ДС. Степень отражений в точке несогласованности между любыми двумя элементами тракта (рис. 7, а) с входными сопротивлениями  $Z_1$  и  $Z_2$  характеризуется величиной, называемой затуханием отражения:

$$a_{\text{от}} = 20 \lg \left| \frac{Z_1 + Z_2}{Z_1 - Z_2} \right|. \quad (15)$$

Несогласованности сопротивлений в цепи возникают по различным причинам. Они появляются за счет включения в основную цепь цепей вставки с другими параметрами (рис. 7, б), при параллельном включении в линию телефонных устройств (рис. 7, в), от несогласованности сопротивления нагрузки (рис. 7, г), за счет двусторонних усилителей (рис. 7, д).

Перейдем к пояснению порядка расчета устойчивости групповой телефонной цепи. Сначала необходимо начертить схему телефонной цепи и показать на ней при помощи условных обозначений включенные телефонные устройства и два промежуточных усилителя. Поскольку значения усиления для каждого из двух усилителей заданы, расчет их устойчивости сводится к определению балансных затуханий каждого усилителя с учетом отражений, возникающих справа и слева в цепи из-за несогласованностей.

Для удобства выполнения расчетов нужно составить схему распространения токов ОС, на которой показать точки несогласованности и указать расстояние от них до усилителей. Как пример на рис. 8 показана такая схема для расчета балансного затухания правой и левой ДС усилителя У1.

Балансное затухание ДС с учетом отражений в телефонной цепи определяется по формуле

$$a_6 = -10 \lg (10^{-0,1a_{60}} + 10^{-0,1A_1} + 10^{-0,1A_2} + 10^{-0,1A_3} + \dots + 10^{-0,1A_n}). \quad (16)$$

где  $a_{60}$  – балансное затухание ДС при отсутствии отражений в цепи (см. формулу (12)).

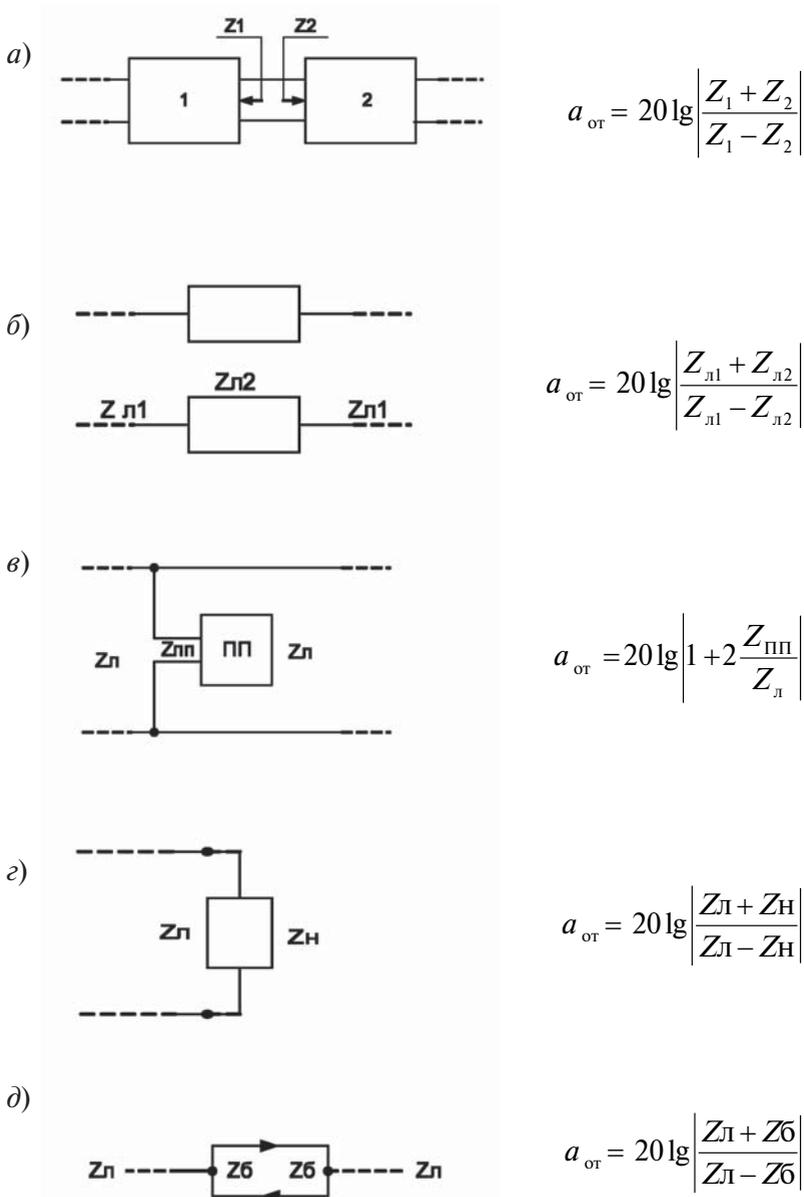


Рис. 7. Схемы к пояснению причин возникновения несогласованностей и отражений в групповых телефонных цепях

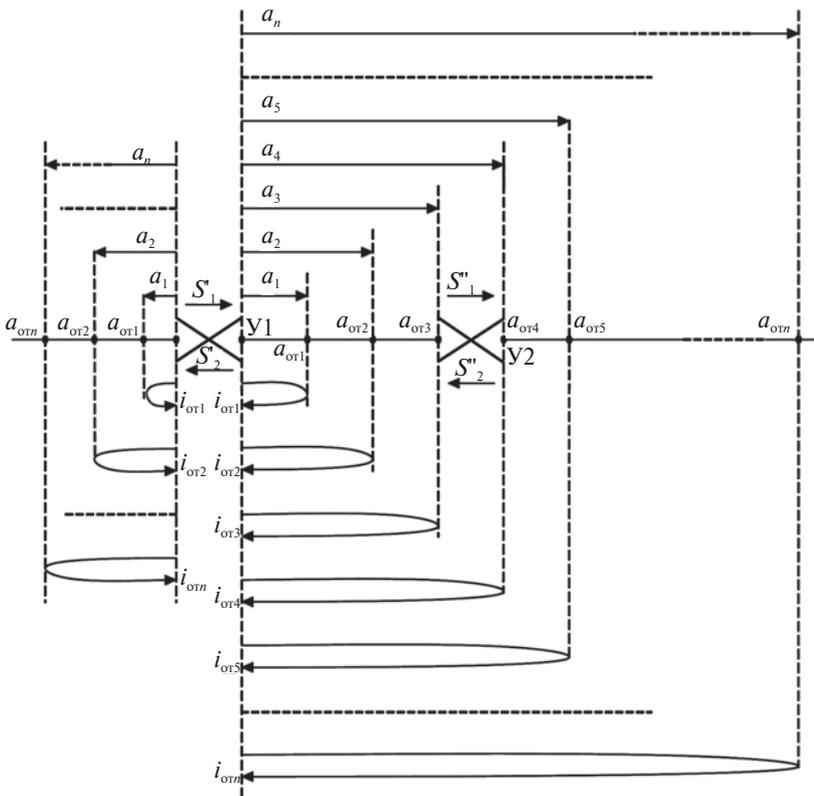


Рис. 8. Схема групповой телефонной цепи и путей токов ОС для расчета устойчивости

Значения  $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$  определяются из соотношений:

$$A_1 = a_{от1} + 2a_1,$$

$$A_2 = a_{от2} + 2a_2,$$

$$A_3 = a_{от3} + 2a_3$$

.....

$$A_n = a_{отн} + 2a_n$$

где  $a_{от1}, a_{от2}, a_{от3}, \dots, a_{отн}$  — затухания отражений, определяемые по формулам, приведенным на рис. 7, в зависимости от характера отражений в каждой точке тракта передачи КНЧ;

$a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$  — затухания цепи между усилителями и

точками несогласованности; удвоение затухания тракта обусловлено тем, что токи обратной связи проходят двойное расстояние.

Расчет балансных затуханий ДС можно выполнить по другой формуле. Для этого выносим из-под знака логарифма соотношения (16) величину  $10^{-0,1a_{60}}$ . Тогда получаем

$$a_6 = a_{60} - \lg [10^{0,1 \cdot 0} + 10^{0,1(a_{j1} - A_1)} + 10^{0,1(a_{j2} - A_2)} + 10^{0,1(a_{j3} - A_3)} + \dots + 10^{0,1(a_{jn} - A_n)}] = a_{60} - \Delta a_{от} \dots \quad (17)$$

Величина  $\Delta a_{от}$  характеризует уменьшение балансного затухания за счет отражений. Она легко определяется путем логарифмического сложения по графику рис. 9. Представим  $\Delta a_{от}$  в виде логарифмической суммы:

$$\Delta a_{от} = 0 (+) (a_{60} - A_1) (+) (a_{60} - A_2) (+) (a_{60} - A_3) (+) \dots \dots (+) (a_{60} - A_n), \quad (18)$$

где (+) – знак логарифмического сложения.

Порядок логарифмического сложения следующий. Сначала логарифмически складываются первые две величины, затем к полученной сумме прибавляется третья величина, далее к сумме из трех величин прибавляется четвертая и т.д. Правило логарифмического сложения двух величин показано на рис. 9.



Рис. 9. График для логарифмического сложения величин

После расчета балансных затуханий промежуточного усилителя У1 определяют его устойчивость (см. формулу (13)), затем переходят к расчету балансных затуханий и устойчивости усилителя У2. Из полученных двух значений  $\sigma$  за устойчивость групповой телефонной цепи принимается наименьшая.

В расчетах принять, что оба конца телефонной цепи замкнуты на согласованные нагрузки.

В заключение требуется написать условия, при которых замкнутая электрическая система самовозбуждается, и дать их физическое толкование.

[1, гл. 2.8; 2, гл. 2.12, 2.13 и гл. 5; 5, гл. 3].