

31/8/11

Одобрено кафедрой
«Железнодорожная автоматика,
телемеханика и связь»

МНОГОКАНАЛЬНАЯ СВЯЗЬ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Методические указания
к выполнению лабораторных работ
для студентов V курса

специальности

190402.65 АВТОМАТИКА, ТЕЛЕМЕХАНИКА И СВЯЗЬ НА
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ (ТС)

специализации

210702. СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
ИНФОРМАЦИИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ
ТРАНСПОРТЕ (СПИ)

Часть 2

2-е издание, стереотипное

РОАТ

Москва – 2011

С о с т а в и т е л и: канд.техн.наук, проф. Ю.П.ЧЕБОТАРЕВ
доктор техн.наук, доц. М.Б. КОЦЕВ

РАБОТА № 1

Изучение промежуточной станции СПК–24т

Целью работы является изучение аппаратуры промежуточной станции системы передачи К-24т, ее структурных схем и назначения основных функциональных узлов.

При выполнении работы студенты должны ознакомиться с особенностями организации групповой оперативно-технологической связи на железнодорожном транспорте и с организацией прямых каналов (между оконечными станциями) и групповых каналов, выделяемых параллельно из линейного тракта на промежуточных станциях при помощи аппаратуры СПК-24т.

При изучении аппаратуры помимо настоящих методических указаний рекомендуется пользоваться также и литературой, приведенной ниже в перечне.

По результатам изучения аппаратуры студент должен составить письменный отчет и подготовить ответы на контрольные вопросы.

Назначение и технические данные системы передачи К-24т

Многоканальная система передачи К-24т (кабельная, 24 – канальная, технологическая) предназначена для организации различных видов связи на отделениях железных дорог. Эта система передачи является однополосной четырехпроводной, которая работает по магистральным двухкабельным линиям с применением кабелей типов МКП и МКС. Она может работать и на общих линиях с системами передачи К-60п.

Спектр частот, занимаемый системой для формирования телефонных каналов, составляет 12...108 кГц (точнее 12,3...107,7 кГц).

Система К-24т позволяет организовать 12 прямых стандартных телефонных каналов ТЧ (№ 1...12) и 12 групповых каналов (№13...24) для параллельного выделения на промежуточных станциях, из которых 9 каналов используются для организации телефонной связи (поездной диспетчерской, постанционной, линейно путевой и др.) и 3 для передачи дискретной информации. Прямые телефонные каналы занимают нижнюю половину спек-

ра частот системы 12...60 кГц. Для выделяемых групповых каналов отводится верхняя половина линейного спектра 60...108 кГц, из которой полоса частот трех телефонных каналов 60...72 кГц используется для организации дискретных каналов, а полоса частот 72...108 кГц – для девяти телефонных каналов.

В системе передачи предусмотрена организация служебной связи по каналу низкой частоты. Все телефонные каналы ТЧ и канал служебной связи НЧ занимают спектры 300...3400 Гц.

Основной особенностью, отличающей систему передачи К-24т от других, является возможность многократного выделения одной 12-канальной группы на любой станции магистрали связи независимо от того, имеется на ней ОУП (НУП) или нет. Число таких выделений может составлять до 30...40. Предельная дальность связи составляет 500 км при трех переприемах по тональной частоте.

Оборудование оконечной станции размещается на стойке СО К-24т, оборудование промежуточной станции — на стойке СП К-24т. На каждой из этих стоек располагаются комплекты оборудования для двух систем. Параллельное выделение 12 групповых каналов осуществляется при помощи стойки СП К-24т, поэтому эти стойки включаются лишь в тех пунктах магистрали, где требуется выделить групповые каналы. Усиления (как и ослабления) в линейный тракт транзита системы этастройка не вносит и, таким образом, при ее включении диаграмма уровней передачи системы не изменяется.

В качестве усилителей в линейном тракте используются усилители системы К-60п (обслуживаемые и необслуживаемые). Схема организации связи с применением аппаратуры К-24 приведена на рис. 1.

Для возможности работы по одному кабелю систем К-24т и К-60п диаграммы уровней передачи этих систем должны полностью совпадать. Поэтому промежуточные усилители обеих систем устанавливаются в одних и тех же пунктах магистрали.

Для обеспечения постоянства уровней передачи в линейном тракте системы К-24т предусмотрена АРУ на контрольной частоте 112 кГц. Для контроля и поддержания необходимого уровня в

групповых 12-канальных трактах используется ручная регулировка на контрольной частоте 84,14 кГц.

В системе передачи применен автоматический телеконтроль параметров устройств промежуточных станций СП К-24т. Для системы телеконтроля используется полоса частот 4...7 кГц.

+

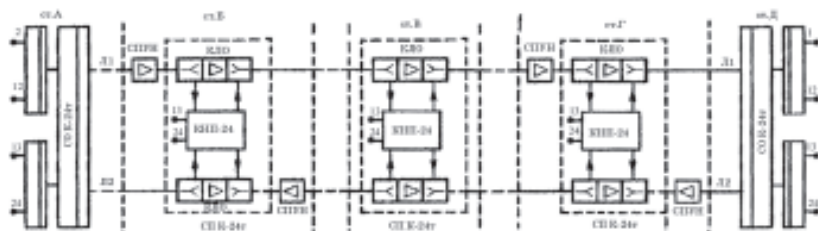


Рис. 1. Структурная схема организации связи с использованием системы К-24т

Схема преобразования спектров

Система К-24т формируется из двух стандартных 12-канальных групп. Как видно из схемы группообразования в системе (рис. 2) спектр каждой 12-канальной группы 60...108 кГц образуется из нижних боковых полос каналов путем однократного преобразования тонального спектра каналов 300...3400 Гц при помощи несущих частот 108, 104,...68, 64 кГц (нумерация каналов в образованном спектре ведется справа налево). Полученные спектры 12-канальных групп далее дважды преобразуются: одни – при помощи частот 564 и 444 кГц, в полосу 456...552 кГц. Затем общий спектр 24-канальной группы 456..552 кГц посредством несущей частоты 564 кГц преобразуется в линейную полосу 12...108 кГц.

Обратные преобразования линейных спектров в каналные спектры тональных частот 300...3400 Гц при приеме осуществляются аналогичным образом, но в обратном порядке.

Из сравнения линейного спектра частот системы передачи К-24т с линейным спектром системы передачи К-60п (он показан

на рис. 2, б) видно, что первый полностью совпадает со спектрами 4-й и 5-й 12-канальных групп второго. Это дает возможность использовать в системе передачи К-24т ту же усилительную аппаратуру в НУП и ОУП, что и в системе К-60п.

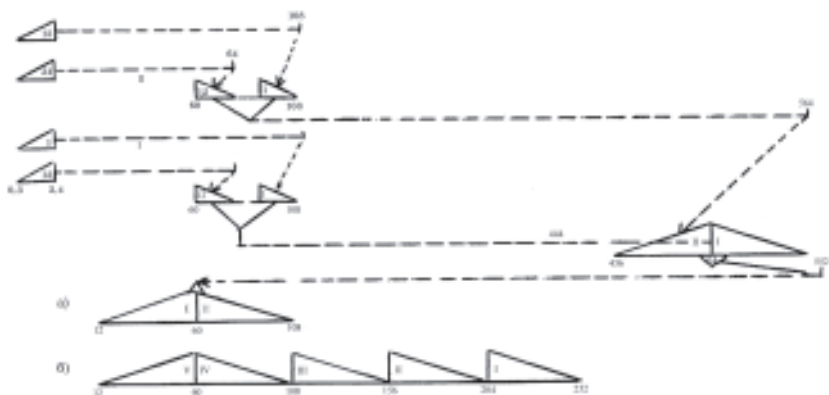


Рис. 2

- а — преобразование спектра частот в системе передачи К-24т;
 б — линейный спектр частот системы передачи К-60п

Состав оборудования и структурная схема промежуточной станции

Все оборудование промежуточной станции, как отмечалось выше, размешено на одной стандартной стойке СП К-24т. Эта стойка предназначена для параллельного выделения (и введения) каналов из общего линейного тракта системы в любом пункте магистрали, где это необходимо. Она не выполняет функции промежуточного усилителя, т.е. не компенсирует затухание, не осуществляет корректировку амплитудно-частотной характеристики линий в тракте транзита. Для этого служат усилители НУП и ОУП, устанавливаемые в соответствии с диаграммой уровней передачи между ОП системы.

Посредством оборудования стойки СП К-24т обеспечивается: прямое прохождение сигналов между окончными станциями

в линейном спектре 12...112 кГц в обоих направлениях передачи, не оказывая влияния на диаграмму уровней передачи в тракте транзита;

параллельное выделение и введение в линейный тракт одной 12-канальной группы в спектре 60..108 кГц, преобразование спектра этой группы в спектры каналов ТЧ 300...3400 Гц и обратные преобразования этих спектров в линейный;

организация канала служебной связи и телеконтроля, транзит дистанционного питания НУП, контроль за состоянием каналов в процессе эксплуатации.

На стойке СП К-24т содержится комплект оборудования на две системы передачи. На ней имеются следующие виды устройств:

устройства ввода и защиты УВЗ;

комплект линейного оборудования КЛО;

комплект индивидуального преобразования на 24 канала КИП-24;

комплект устройств вызова и дифференциальных систем КУВДС;

комплект телеконтроля и служебной связи (промежуточный) КТСС-П;

комплект вспомогательного оборудования КВО;

комплект питания КП-7;

устройство защиты питания УЗП.

Структурные схемы промежуточной станции

Структурная схема промежуточной станции показана на рис. 3. На схеме приведены основные узлы оборудования линейного тракта и трактов выделения и введения каналов 12-канальной группы.

Посредством тракта транзита обеспечивается сквозная передача всех каналов системы в полосе частот 12...108 кГц и тока контрольной частоты 112 кГц.

С помощью фильтра верхних частот К-12 подавляются помехи от токов служебной связи и телеконтроля. Фильтром нижних частот Д-135 задерживаются помехи, обусловленные линейными

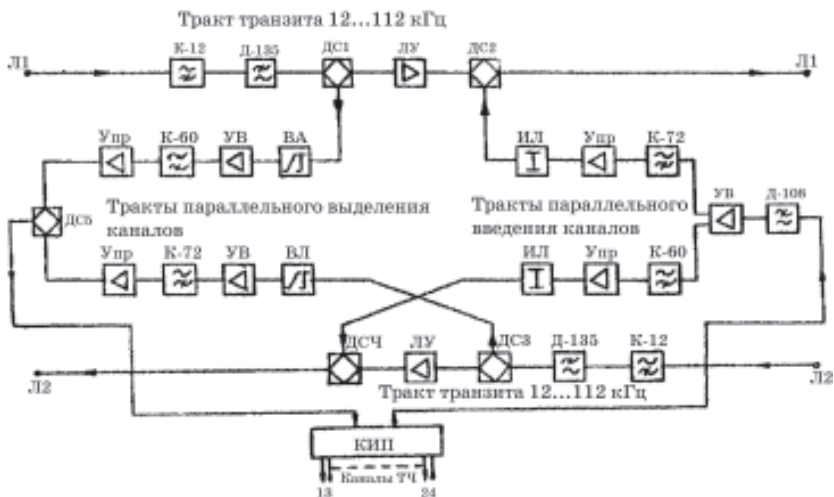


Рис. 3. Структурная схема комплекта линейного оборудования промежуточной станции СП-24т

переходами от системы передачи К-60п, работающих по этому же кабелю.

Назначение линейного усилителя ЛУ состоит в том, чтобы компенсировать затухания пассивных элементов тракта транзита (ДС1, ДС2, К-12 и К-135).

При помощи дифференциальных систем ДС1 и ДС2 осуществляется выделение сигналов и введение сигналов групповых каналов в тракте транзита СП одного направления, а посредством дифференциальных систем ДС3 и ДС4 – выделение и введение групповых каналов в тракте транзита другого направления.

В тракт выделения каналов входят линейный выравниватель ВЛ, вспомогательный усилитель УВ, фильтр К-60 (или К-72), усилитель приема Упр и дифференциальная система ДС5.

При помощи выравнивателя ВЛ производится коррекция амплитудно-частотной характеристики затухания тракта в пределах длины одного усилительного участка. При помощи вспомогательного усилителя УВ увеличивается уровень передачи до требуемой величины. Фильтр верхних частот К-60 задерживает токи не выделяемой группы каналов в полосе частот выше 60 кГц.

В тракте выделения из линейного тракта обратного направления вместо фильтра К-60 включен фильтр К-72. Он позволяет с одной стороны магистрали выделять не 12 каналов, а только 9. Три канала – 10-й, 11-й и 12-й используются для телеграфной передачи и передачи данных. Они организуются между промежуточной станцией и одной из оконечных станций (здесь эта станция слева). При помощи Упр повышается уровень токов выделяемой группы каналов. Эти токи поступают через развязывающую дифференциальную систему ДС5 на вход комплекта индивидуальных преобразователей КИП-24.

Тракт введения каналов содержит фильтр нижних частот Д-108, вспомогательный усилитель УВ, фильтр верхних частот К-60 (или К-72), усилитель передачи Упер и искусственную линию ИЛ. Этот тракт включается к выходу оборудования КИП-24. При помощи фильтра Д-108 подавляются продукты преобразования и помехи, частоты которых совпадают с линейной контрольной частотой 112 кГц. Назначение усилителя УВ — обеспечение повышения уровня сигналов в трактах введения каналов, включенных к его выходу через развязывающую дифференциальную систему (на схеме она не показана). Назначение фильтров К-60 и К-72 то же, что и в трактах выделения каналов. Усилитель передачи Упер компенсирует затухание пассивных элементов тракта введения и обеспечивает номинальное значение уровня токов, вводимых в линию. При помощи искусственной линии ИЛ обеспечивается такая же разница между уровнями нижнего и верхнего по частоте каналов вводимой группы в полосе частот 60...108 кГц как и в линейном тракте транзита системы.

В комплекте индивидуального преобразования КИП-24 осуществляется преобразование высокочастотных спектров каналов, выделенных из линейного тракта, в токи тональных частот 300...3400 Гц и преобразования спектров тональных частот каналов в токи высоких частот для введения в линейный тракт. Комплект КИП-24 включает в себя два блока преобразовательного оборудования (по одному для каждой выделяемой 12-канальной группы системы), генераторное оборудование, устройства электропитания и сигнализации.

Структурная схема преобразовательного оборудования для одной 12-канальной группы показана на рис. 4. По этой схеме индивидуальный преобразователь каждого канала содержит ограничитель больших амплитуд ОА, модулятор М, каналный полосовой фильтр КФ.

При помощи ОА обеспечивается защита тракта передачи (главным образом, групповой его части) от перегрузки большими амплитудами разговорного тока, чем исключаются нелинейные переходы шумов между каналами. При помощи модулятора М тональный спектр канала преобразуется в нижнюю и верхнюю боковые полосы. Нижняя боковая полоса, используемая в качестве рабочей полосы, пропускается при помощи канального полосового фильтра КФ, а верхняя (нерабочая) подавляется. В итоге из нижних боковых частотных полос 12 каналов образуется групповой спектр 60...108 кГц. В качестве несущих частот используются 64, 68, 72,...104, 108 кГц.

Выходы модуляторов всех каналов соединяются через развязывающие сопротивления R с общим входом усилителя передачи

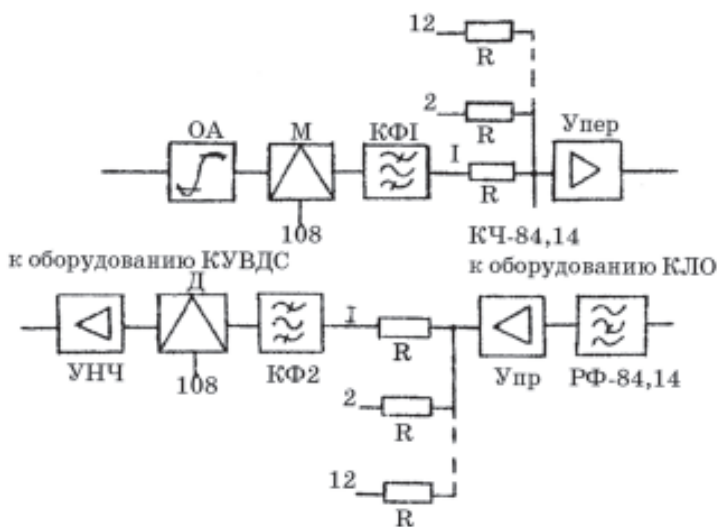


Рис. 4. Структурная схема оборудования КИП-24

Упер. В этом усилителе токи группового сигнала усиливаются и поступают далее в тракт введения каналов оборудования КЛЮ. Через общий вход усилителя Упер в тракт вводится также ток контрольной частоты 84, 14 кГц.

В тракт приема комплекта КИП-24 входят усилитель приема Упр и элементы индивидуального преобразования каналов – канальный полосовой фильтр КФ, модулятор Д, усилитель нижних частот УНЧ.

При помощи фильтра КФ выделяется рабочая полоса частот канала из спектра 12-канальной группы 60...108 кГц. Выходы фильтров всех каналов включены к выходу усилителя приема Упр через развязывающие сопротивления R. Посредством демодулятора Д осуществляется преобразование токов высокой частоты канального сигнала в токи тональной частоты. При помощи усилителя УНЧ осуществляется усиление этих токов и корректирование амплитудно-частотной характеристики затухания канала.

Для подавления остатка тока контрольной частоты 84, 14 кГц в групповой тракт приема включен режекторный фильтр РФ-84, 14.

Вход тракта передачи и выход тракта приема каналов образуют в пределах КИП-24 четырехпроводные окончания каналов.

Переход к двухпроводным окончаниям каналов производится в комплекте устройств вызова и дифференциальных систем КУВДС. Структурная схема КУВДС показана на рис. 5.

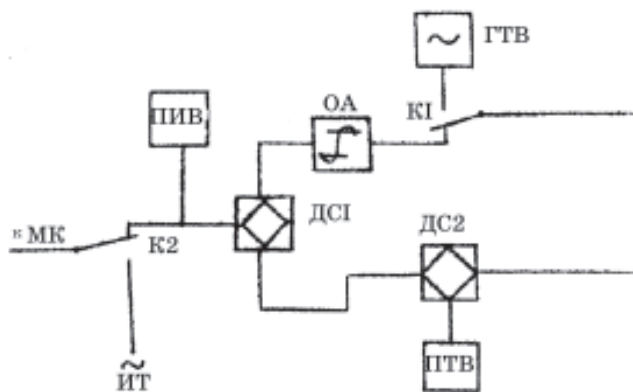


Рис. 5. Структурная схема оборудования КУВДС

В комплект каждого канала входят: дифференциальная система ДС1, ограничитель больших амплитуд ОА, приемник индукторного вызова ПИВ, генератор тонального вызова ГТВ и приемник тонального вызова ПТВ, включенный в канал через дифференциальную систему ДС2.

Вызов по каналу осуществляется током частотой 2100 Гц (при ширине канала 300...3400 Гц) или током частотой 1600 Гц (при ширине канала 300...1700 Гц). В линию междугородного коммутатора одной оконечной или промежуточной станции срабатывает приемник ПИВ этой станции и через контакт К1 приемного реле включается генератор ГТВ. В канал поступает тональный вызывной сигнал. На приемной станции этот сигнал поступает в приемник ПТВ и через контакт К2 приемного реле включается линия междугородного коммутатора к источнику индукторного тока ИТ.

Назначение несимметричной (неравноплечей) дифференциальной системы ДС2 заключается в том, чтобы уменьшить затухание, вносимое приемником ПТВ в тракте приема канала, и повысить защищенность приемника от разговорных токов абонента своей станции.

Если групповой канал ТЧ включается к абонентской установке на промежуточном пункте в двухпроводную линию или ответвления, то в этом случае предусматривается возможность управления трактом передачи между абонентами при разговорах.

В системе К-24т предусмотрена организация служебной связи для переговоров между любыми станциями магистрали с использованием микротелефонного или громкоговорящего переговорного устройства. Эта связь организуется по четырехпроводной фантомной цепи в полосе частот 300...3400 Гц.

Для автоматической проверки состояния промежуточной станции используется система телеконтроля. Канал телеконтроля занимает полосу частот 4...7 кГц и организуется по той же четырехпроводной фантомной цепи, что и служебная связь.

Система позволяет контролировать на магистрали связи работу 20 СП. К числу контролируемых относятся 19 параметров. Контролируется наличие или отсутствие:

- токов основного и резервного задающих генераторов;
- токов контрольных частот обоих направлений передачи;
- токов индивидуальных несущих частот.

Комплект вспомогательного оборудования станции КВО позволяет проводить измерения каналов, вести служебные переговоры и др.

Генераторное оборудование ГО входит в состав комплекта КИП-24 стойки промежуточной станции. Его назначение — вырабатывать токи индивидуальных несущих частот 64, 68,...104, 108 кГц и контрольной частоты 84, 14 кГц.

В состав ГО входят два задающих генератора ЗГ и два генератора гармоник ГГ (рис. 6). Один комплект этих устройств является основным, другой — резервным (он находится в «горячем» резерве).

Частота 372 кГц, вырабатываемая задающим генератором, является управляющей, из которой образуются все необходимые для работы станции частоты. Помимо местного задающего гене-

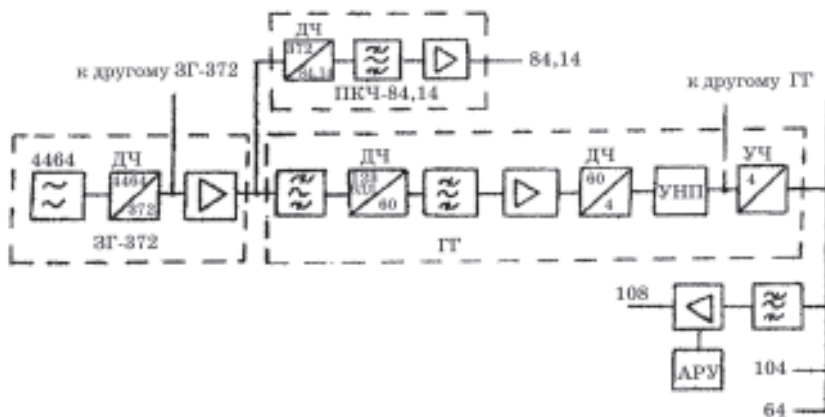


Рис. 6. Структурная схема генеративного оборудования КИП-24

ратора предусмотрено использование внешних источников управляющих частот 372, 128 или 60 кГц. Нестабильность управляющей частоты генератора составляет не более $2 \cdot 10^{-6}$.

Формирование управляющей частоты в генераторе ЗГ осуществляется из частоты 4464 кГц, колебания на которой возбуждаются в схеме генератора при помощи кварцевого резонатора. Затем эта частота делится на 12 при помощи делителя ДЧ-4464/372. Колебания частоты 372 кГц усиливаются и подаются на вход генератора гармоник ГГ и на вход преобразователя контрольной частоты ПКЧ-84,14. В генераторе ГГ колебания управляющей частоты, пройдя узкополосный фильтр, поступают в делитель частоты ДЧ-128/60 или ДЧ-372/60. На входе делителя частоты возникают колебания частотой 60 кГц. Эти колебания проходят узкополосный фильтр, усилитель и поступают в делитель ДЧ-60/4. На входе делителя возникают импульсы тока, в спектре которого содержатся гармоники, кратные частоте 4 кГц. Для выделения из этого спектра необходимой гармоники используется узкополосный фильтр и усилитель. Требуемая стабильность уровней токов несущих частот поддерживается при помощи элементов АРУ.

Назначение устройства контроля и переключения УКП — контролировать работу основного генератора гармоник и при его отказе переключать схему на второй, находящийся в режиме «горячего» резерва.

Из поступающих в преобразователь ПКЧ-84, 14 колебаний частотой 372 кГц посредством делителя ДЧ-372/84, формируют колебания контрольной частоты 84, 14 кГц, которые затем, пройдя узкополосный фильтр и усилитель, поступают на вход групповых трактов обеих систем передачи.

Отчет о лабораторной работе

В отчет о лабораторной работе должны входить:

- основные технические данные системы передачи К-24т;
- схема преобразований спектров частот в системе передачи с краткими пояснениями;
- структурная схема станции с указанием назначения ее узлов.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какими основными техническими данными и особенностями характеризуется система передачи К-24т?
2. Какие виды связи на железнодорожном транспорте могут быть организованы при помощи системы передачи К-24т?
3. Что дает применение в системе К-24т линейного спектра частот, совпадающего со спектром 1У и У 12-канальных групп системы передачи К-60п?
4. Чем достигается совместная работа систем передачи К-24т и К-60п по общей кабельной линии?
5. Почему стойка промежуточной станции СП К-24т может быть включена в любой точке магистрали связи?
6. Какая аппаратура используется в качестве усилительной в НУП и ОУП системы передачи К-24т?
7. Какие элементы входят в тракты выделения и введения групповых каналов в системе К-24т?
8. Как формируется индивидуальные несущие частоты в аппаратуре промежуточной станции?
9. Из каких устройств состоит аппаратура тонального вызова в системе передачи К-24т?
10. Какие достоинства и недостатки имеют однополосные четырехпроводные и двухполосные двухпроводные системы передачи?

ЛИТЕРАТУРА

1. Т ю р и н В.Л., Д ь я к о в Д.В., Г л у ш к о В.П. Многоканальная связь на железнодорожном транспорте. — М.: Транспорт, 1992.
2. Б а г у ц В.П., Т ю р и н В.Л. Многоканальная телефонная связь на железнодорожном транспорте. — М.: Транспорт, 1988.
3. Ч е б о т а р е в Ю.П. Системы передачи на железнодорожном транспорте. — М.: ВЗИИТ, 1986.
4. З д о р о в ц е в И.А., Т ю р и н В.Л., В ы г о н Л.В. Транспортная система передачи К-24т. — М.: Транспорт, 1987.
5. Техническая документация к аппаратуре системы передачи К-24т.

РАБОТА № 2

Изучение устройства и работы аппаратуры тонального телеграфирования ТТ-48

В процессе выполнения этой работы необходимо изучить структурную схему аппаратуры, принципиальные схемы основных узлов, измерить ее характеристики.

При изучении аппаратуры ТТ-48 студенту рекомендуется пользоваться, помимо настоящих методических указаний, учебной и технической документацией к аппаратуре.

По окончании лабораторной работы каждый студент составляет индивидуальный отчет и представляет его при зачете. К зачету необходимо подготовить также ответы на контрольные вопросы, приведенные в конце методических указаний.

Общие сведения и технические данные аппаратуры

Аппаратура тонального телеграфирования ТТ-48 обеспечивает организацию телеграфных каналов со скоростями передачи 50, 100 и 200 Бод по телефонным каналам тональной частоты кабельных линий связи. Передаваемые по каналам ТТ сигналы формируются на основе частотной модуляции (ЧМ).

В одном канале ТЧ, занимающим спектр частот 300...3400 Гц, может быть образовано:

- ❖ 24 канала ТТ при скорости передачи $V = 50$ Бод или
- ❖ 12 каналов при скорости передачи $V = 100$ Бод или
- ❖ 6 каналов при скорости передачи $V = 200$ Бод.

Аппаратура позволяет также в одном канале ТЧ организовать разнотипные по скорости каналы ТТ. Входное сопротивление аппаратуры в сторону канала ТЧ равно 600 Ом. Ширина полосы частот, занимаемая каждым каналом ТТ, зависит от скорости телеграфной передачи и может определяться соотношением:

$$\Delta F = 1,6 \cdot V, \text{ Гц,}$$

где V — скорость телеграфной передачи, Бод.

Отсюда: при $V = 50$ Бод $\Delta F = 1,6 \cdot 50 = 80$ Гц;

при $B = 100$ Бод $\Delta F = 160$ Гц;

при $B = 200$ Бод $\Delta F = 320$ Гц.

Для формирования указанных спектров при передаче и их выделении при приеме в аппаратуре используются полосовые фильтры.

Для возможности расфилтровки частотных полос каналов при приеме между ними предусмотрены интервалы, равные $\Delta F/2$ Гц. Для каналов различных типов они составляют 40, 80 и 160 Гц.

С учетом ширины рабочей полосы и интервалов расфилтровки выбраны средние частоты каналов ТТ. Эти частоты определяются соотношениями:

при $B = 50$ Бод $f_0 = 420 + 120 (n - 1)$;

при $B = 100$ Бод $f_0 = 480 + 240 (n - 1)$;

при $B = 200$ Бод $f_0 = 600 + 120 (n - 1)$,

где n — номер канала.

Предельные частоты каждого канала ТТ определяются

$$f_1 = f_{\text{он}} - \Delta F/2; \quad f_2 = f_{\text{он}} + \Delta F/2.$$

На рис. 7 показаны идеализированные характеристики затухания полосовых фильтров трех соседних каналов ТТ.

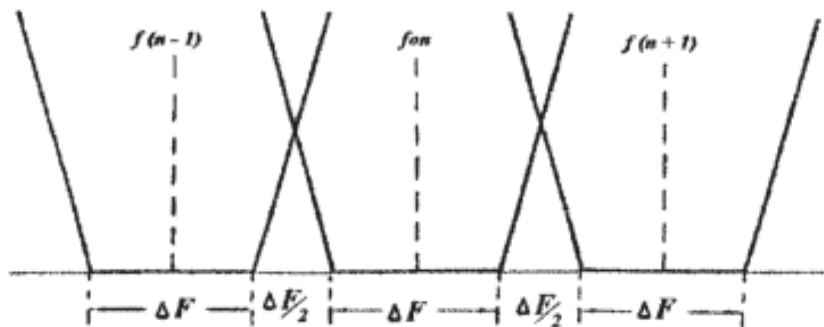


Рис. 7. Характеристики затухания полосовых фильтров

В табл. 1 приведены нумерация каналов различных видов и значения средних частот.

Таблица 1

101 420	102 540	103 660	104 780	105 900	106 1020	107 1140	108 1260	109 1380	110 1500	111 1620	112 1740
201 480		202 720		203 960		204 1200		205 1440		206 1680	
401 600				402 1080				403 1560			
113 1860	114 1980	115 2100	116 2220	117 2340	118 2460	119 2580	120 2700	121 2820	122 2940	123 3060	124 3180
207 1920		208 2160		209 2400		210 2620		211 2880		212 3120	
404 2040				405 2520				406 3000			

Телеграфный сигнал, поступающий от абонента, представляет собой последовательность знакопеременных посылок (импульсов) постоянного тока.

При отрицательной посылке, а также при отсутствии посылки в канале ТТ формируется ЧМ — сигнал на верхней боковой частоте f_B :

$$f_B = f_0 + \Delta f.$$

При положительной посылке возникает ЧМ — сигнал на нижней боковой частоте f_H :

$$f_H = f_0 - \Delta f,$$

где Δf — девиация частоты (отклонение от своего среднего значения).

Величина Δf принята для каналов 101...124—30 Гц;

для каналов 201...212 — 60 Гц;

для каналов 401...406 — 120 Гц.

Учитывая это, можно найти важный параметр ЧМ индекс модуляции m . Он определяется соотношением:

$$m = \frac{\Delta f}{F},$$

где $F = B/2$ — частота модуляции (манипуляции), обеспечиваемая телеграфным аппаратом.

Тогда $m = 2\Delta f/B$. Для всех номеров каналов $m = 1, 2$.

Аппаратура ТТ-48 рассчитана на включение телеграфных аппаратов или аппаратов передачи данных в режиме работы с разделенными цепями приема и передачи. Питание цепей передачи осуществляется со стороны аппаратуры.

По телеграфным цепям осуществляется передача двухполюсных посылок напряжением ± 60 или ± 20 В, по цепям приема напряжение ± 20 В. Величина тока питания в цепях передачи от 5 до 30 мА.

Электропитание аппаратуры осуществляется от сети переменного тока напряжения 220 В.

Состав оборудования и структурная схема аппаратуры

Все узлы аппаратуры ТТ-48 размещаются на стандартной стойке, имеющей размеры 260 × 650 × 256 мм. На каждой из двух стоек могут быть размещены 48 канальных блоков, 24 блока — в верхней и 24 блока — в нижней ее части.

Расположение каналов ТТ и их средние частоты в телефонном канале тональной частоты (300...3400 Гц) приводится в табл. 1.

Блоки каналов БК обеспечивают:

- прием и формирование Т — посылок постоянного тока, поступающих на вход передатчика;
- преобразование посылок постоянного тока в ЧМ — сигналы тональной частоты;
- блокировку передатчика при отсутствии сигнала на его входе;
- выделение ЧМ — сигналов одного канала из общего спектра частот всех каналов, усиление и преобразование их в Т — посылки постоянного тока;
- сигнализацию и блокировку приемника при понижении уровня сигналов на его входе относительно номинального значения;

— передачу испытательных посылок «нажатие +» и «нажатие -», а также комбинации «1: 1»;

— включение в режиме проверки аппаратуры «на себя».

БЛ1 и БЛ2 — блоки линейного оборудования, каждый из которых обеспечивает:

— прием ЧМ — сигналов от канала ТЧ и передачу их на вход фильтров приема индивидуального оборудования;

— регулировку уровня приема в зависимости от затухания соединительной линии;

— фиксирование понижения общего уровня приема сигнала относительно номинального значения;

— включение в режиме проверки аппаратуры «на себя».

Задание. Ознакомившись с расположением спектров каналов ТТ при различных скоростях телеграфной передачи (табл. 1) в пределах телефонного канала ТЧ, определить какие блоки БК могут быть задействованы дополнительно кроме тех, которые уже включены на аппаратуре.

Например: задействованы блоки 401, 403, 207, 209, 116, 122.

Ответ: в этом случае могут быть включены:

— при скорости передачи 200 Бод — блок 402;

при скорости 100 Бод — блоки 203, 204, 210, 212;

при скорости передачи 50 Бод — 105, 106, 107, 108, 115, 119, 120, 123, 124.

В итоге для этого примера построить таблицу (аналогично таблице 1), в которой показать номера уже задействованных и дополнительных канальных блоков.

Задействованные на стойке блоки для каждого студента бригады указываются преподавателем.

Структурная схема аппаратуры ТТ-48 показана на рис. 8. Она содержит основные функциональные узлы индивидуального и линейного (группового) оборудования.

В индивидуальную часть каждого канала входят передатчик и приемник. Передатчик содержит триггер, двухчастотный генератор и полосовой фильтр. Приемник состоит из полосового фильтра, усилителя-ограничителя, дискриминатора с амплитудным

детектором, фильтра нижних частот, триггера и электронного реле.

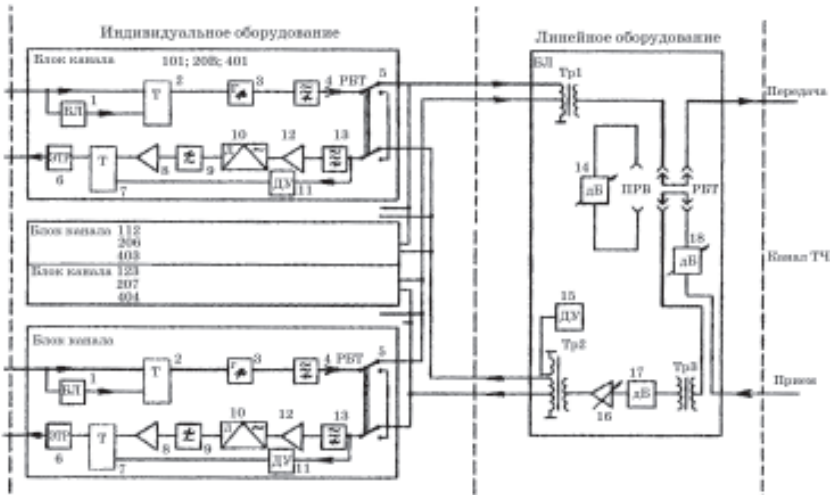


Рис. 8. Структурная схема аппаратуры ТТ-48

При передаче телеграфные сигналы в виде посылок постоянного тока поступают от Тг — аппаратуры непосредственно или через переходное устройство на вход триггера (2). В нем эти сигналы преобразуются в сигналы прямоугольной формы. С выхода триггера посылки поступают на двухчастотный генератор (3), т.е. в 4М. Под воздействием посылок постоянного тока положительной полярности он генерирует сигналы верхней или нижней боковой частоты.

Посылки тональной частоты с выхода генератора через полосовой фильтр передачи (4) и переключатель Прв проходят на вход линейного блока БЛ. К выходу ДЛ включаются параллельно выходы полосовых фильтров всех каналов.

Тональные Тг — посылки через линейный трансформатор Тр1 и разделительные гнезда РБт — Прв поступают в канал тональной частоты.

Назначение трансформатора Тр1: согласовывать сопротивления аппаратуры ТГ и канала ТЧ, а также обеспечивать симметричный выход со стороны аппаратуры.

При понижении сигнала или его отсутствии в телеграфной цепи передачи блокирующее устройство Бл(1) фиксирует триггер в одном состоянии, благодаря чему на входе генератора подается напряжение одной полярности (положительной или отрицательной). При этом в линейный блок поступает сигнал нижней (или верхней) боковой частоты.

При приеме тональные посылки с выхода канала ТЧ через переменный удлинитель (18), линейный трансформатор Тр3, удлинитель (17), усилитель (16) и трансформатор Тр2 поступают на общий вход индивидуального оборудования. Для контроля и сигнализации пропадания или понижения уровня сигнала используется детектор уровня ДУ (11), включенный к трансформатору ТР2. При понижении уровня сигнала приемник блокируется и включается сигнализация.

Тональные посылки канала выделяются из общего сигнала при помощи полосового фильтра приема (13) проходят усилитель-ограничитель (12) и поступают на частотный дискриминатор (демодулятор) (10). В нем тональные сигналы преобразуются в знакопеременные посылки постоянного тока. Они проходят через фильтр нижних частот (9), подавляющий высокочастотные составляющие сигнала и поступают в усилитель (8) постоянного тока, а затем в триггер (7).

Строго прямоугольные импульсы, сформированные триггером, подаются в электронное телеграфное реле ЭТР (6), а затем в цепь приема телеграфного аппарата непосредственно или через переходное устройство (при работе Тг — аппарата однополосными послылками).

Посредством детектора уровня (11) осуществляется контроль за величиной уровня на входе приемника. При понижении его относительно номинального значения происходит блокирование триггера (7).

В аппаратуре предусмотрена возможность проверки «на себя» как отдельных каналов, так и системы в целом. В первом случае

для этого используется переключатель Рвт — Прв блока БК, во втором — вилки Прв — Рвт блока БЛ. Во втором случае общие тракты передачи и приема соединяются между собой через удлинитель (14) затуханием 0...7 дБ.

Устройство и работа некоторых функциональных узлов аппаратуры

Частотный модулятор. В качестве частотного модулятора используется двухчастотный генератор, посредством которого формируется ЧМ — сигнал в передатчике. Упрощенная схема генератора показана на рис. 9.

Собственно генератор собран на транзисторах Т8 и Т9. В цепь колебательного контура генератора включены выходы ключевых транзисторов Т6 и Т7 таким образом, что частота генерируемого тока зависит от того, какой из этих транзисторов в данный момент открыт.

Транзисторы Т6 и Т7 открываются при отрицательном потенциале на базе относительно потенциала на эмиттере. Тогда при отрицательном потенциале на входе 1 схемы открывается транзистор Т6, благодаря чему в колебательный контур генератора включается часть обмотки катушки индуктивности /между клеммами 1 и 2, генерируется ток частотой $f_v = f_0 + \Delta f$.

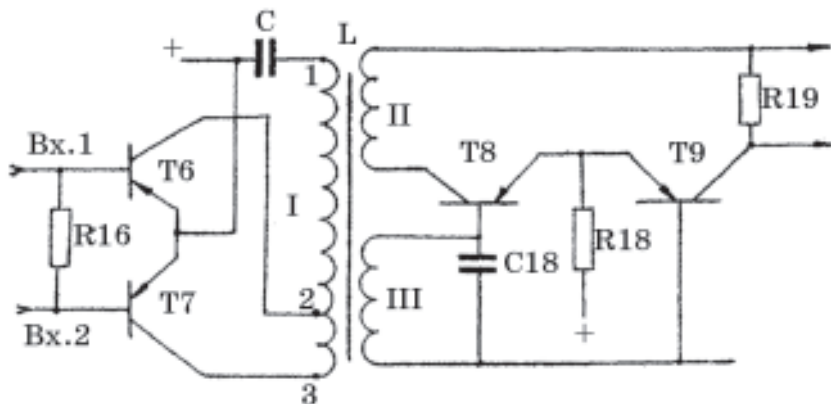


Рис. 9. Схема частного модулятора

При отрицательном потенциале на входе 2 схемы открывается транзистор Т7 и в колебательный контур генератора включается вся катушка индуктивности /между клеммами 1 и 3/. В этом случае генерируется ток частотой $f_n = f_0 - \Delta f$.

В итоге при поступлении в схему посылок постоянного тока переменного знака формируется ЧМ – сигнал, т.е. посылки переменного тока тональной частоты f_b и f_n . Эти посылки выделяются на сопротивлении R19, включенном в схему транзистора Т9 и далее поступают в фильтр передачи канала.

Частотный демодулятор. Посредством частотного демодулятора производится восстановление из ЧМ — сигнала посылок постоянного тока положительной и отрицательной полярности. Упрощенная схема частотного демодулятора приведена на рис. 10. Восстановление посылок постоянного тока осуществляется двумя этапами. Сначала ЧМ — сигнал, при помощи дискриминатора преобразуется в АМ — сигнал, а затем из этого сигнала путем детектирования образуются посылки постоянного тока. Дискриминатор построен на двух транзисторах Т5 и Т6. В коллекторные цепи этих транзисторов включены колебательные контуры „L3С’” и „L4С’’ настроенные соответственно на частоты $f_b + 1,4 \Delta f$ и $f_0 - 1,4 \Delta f$.

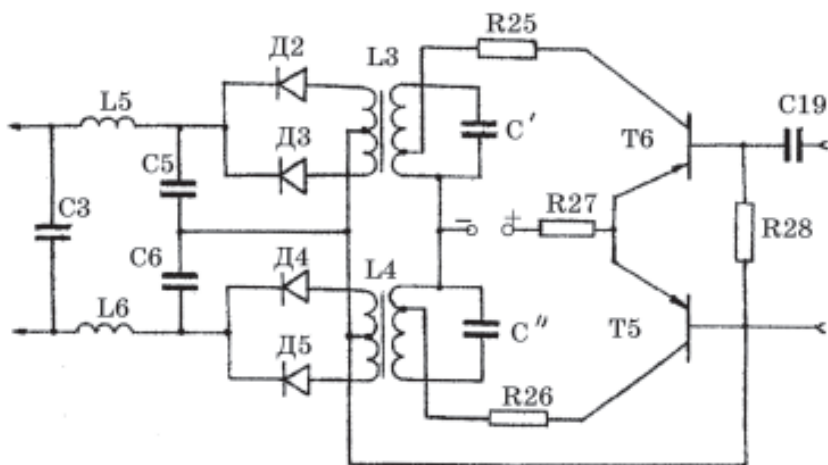


Рис. 10. Схема частного демодулятора

В качестве детекторов для каждой частоты используется по два диода Д2, Д3 и Д4, Д5 включенных по двухтактной схеме.

Каждая посылка тока тональной частоты $f_{\text{в}}$ и $f_{\text{н}}$ поступает на вход дискриминатора /от усилителя-ограничителя/ и в зависимости от частоты выделяется на одном из контуров дискриминатора. Напряжение этой посылки выпрямляется в диодном детекторе, фильтруется при помощи фильтра нижних частот L5C5 или L6C6 и поступает к выходу схемы и далее к электронному реле.

Электронное телеграфное реле. В приемнике это реле выполняет роль поляризованного электромагнитного реле. Схема электронного телеграфного реле ЭТР показана на рис. 11. Эта схема обеспечивает разделение входной и выходной цепей по постоянному току при помощи трансформаторов. Для этого в ней использован автогенератор прямоугольных импульсов тока частотой 30 кГц для питания цепей управления.

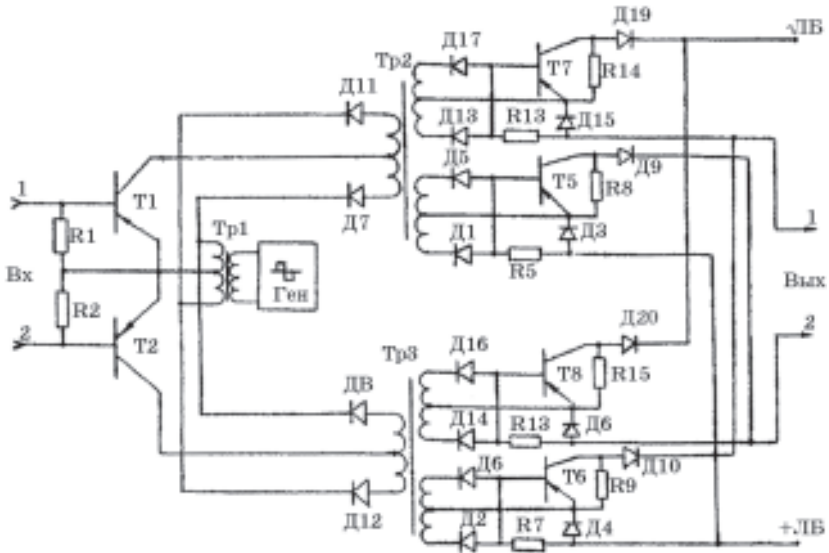


Рис. 11. Схема электронного телеграфного реле ЭТР

Сигналы, поступающие на вход схемы ЭТР в виде посылок постоянного тока положительной и отрицательной полярности, сначала преобразуются в посылки переменного тока частотой 30 кГц, а затем вновь в посылки постоянного тока. Последние поступают в телеграфный аппарат или другое устройство, являющееся нагрузкой на ЭТР. В зависимости от полярности поступающих на реле посылок переменный ток от генератора 30 кГц поступает в цепь верхнего или нижнего плеча схемы. Здесь переменный ток выпрямляется и открывает транзисторы Т5, Т7 или Т6, Т8, благодаря чему к линейной батарее включается нагрузка.

Управление работой генератора осуществляется при помощи ключевых транзисторов Т1, Т2.

Поясним работу схемы ЭТР. При поступлении отрицательной посылки на вход 1 схемы ЭТР открывается транзистор Т1. Благодаря этому возникает цепь, по которой переменный ток от генератора через диоды Д7, Д11 проходит через первичную обмотку трансформатора Тр2. На вторичных обмотках трансформатора возникает напряжение, которое выпрямляется диодами Д1, Д5 и Д13, Д17 и подается в качестве напряжения смещения на транзисторы Т5, Т7. Они открываются и замыкают нагрузку на линейную батарею по цепи: +ЛБ, Д3, Т5, Д9, нагрузка, Д15, Т7, Д19, — ЛБ.

При поступлении отрицательной посылки на вход 2 схемы открывается транзистор Т2, и переменный ток от генератора проходит по цепи нижнего плеча (через диоды Д8, Д12 и первичную обмотку Тр3). Возникшие напряжения на вторичных обмотках трансформатора выпрямляются диодами Д2, Д6, Д14, Д18 и открывают транзисторы Т6, Т8. Через открытые транзисторы образуется замкнутая цепь между линейной батареей и нагрузкой: +ЛБ, Д4, Т6, Д10, нагрузка, Д16, Т8, Д20, -ЛБ.

Сравнивая направления токов в нагрузке при работе верхнего и нижнего плеча, можно видеть, что при изменении полярности посылок, поступающих на вход ЭТР, изменяется направление тока в нагрузке, то есть электронное телеграфное реле работает аналогично электромагнитному поляризованному реле.

Измерения характеристик аппаратуры и проверка работы связи

Эта часть работы может быть выполнена как на аппаратуре (стойках ТТ-48), так и на лабораторном стенде, собранном из основных узлов этой аппаратуры. Для выполнения измерений рекомендуется собрать схему (рис. 12) телеграфной связи, построенную с применением каналов ТТ и ТЧ. Схема содержит кроме основных функциональных узлов элементы коммутации (гнезда, переключатели) для возможности выполнения измерений в различных ее точках и проверки отдельных узлов. К их числу относятся:

- измерение характеристических частот модулированного сигнала и девиации частоты генератора;
- проверка работы блока канала и линейного блока;
- измерение уровней передачи в различных точках тракта прохождения сигналов;
- проверка связи в целом между двумя оконечными Тг – аппаратами.

А. Измерение характеристических (боковых) частот модулированного телеграфного сигнала.

Для этого используется частотомер и осциллограф. Входы этих приборов необходимо запараллелить и соединить с гнездом «Ген». Частотометром измерить нижнюю и верхнюю характеристические частоты для трех каналов (50, 100 и 200 Бод), нажав клавиши рода работ «-» и «+» на блоках этих каналов. Полученные значения внести в табл. 2.

По полученным данным, внесенным в табл. 2, путем расчетов определить характеристические частоты и девиацию частоты генератора канала.

Выполняя измерения, одновременно наблюдать на экране осциллографа формы токов измеренных сигналов.

Б. Проверка, работы блока канала «на себя»

При проверке работы блока канала, «на себя» производится:

- сравнение длительностей положительной и отрицательной посылок и, в случае преобладания длительностей одной относительно другой, обеспечить их выравнивание;
- измерение токов приема и передачи.



Рис. 12. Схема организации телеграфной связи в аппаратуре ТТ-48

Таблица 2

Скорость телеграфной передачи, Бод	Номер канального блока	Средняя частота генератора канала, Гц	Характеристические частоты, Гц				Девияция частоты, Гц		
			Расчетные		Измеренные		Номинальная Δf	Измеренная	
			Нижняя	Верхняя	Нижняя	Верхняя		$+\Delta f$	$-\Delta f$

Для этого:

- переключатель на блоке БК установить в положение «Прв»;
- включить осциллограф в гнезда «Пр» блока БК;
- установить переключатель рода работ в положение «Z»;
- при наличии преобладания длительности какой-либо посылки (это будет видно на экране осциллографа) устранить его вращением ручки регулятора «Рег.Пр»;
- измерить токи в цепях передачи и приема, при помощи амперметра, включая его в гнезда «Пер» и «Пр». Значение тока должно быть в пределах 5...10 мА.

В. Измерение уровней сигнала в различных точках схемы

Для этих измерений используется электронный вольтметр и осциллограф. Включая запараллеленные входы этих приборов в различные точки схемы фиксируют полученные значения напряжения (уровни) сигнала и вносят их в табл. 3. Одновременно наблюдают формы тока сигнала на экране осциллографа.

Таблица 3

Направления телеграфной передачи	Точки измерений на схеме				
	Станция передачи			Станция приема	
	1	2	3	4	5
Ст. А → Ст. Б Ст. Б → Ст. А					

Измерения проделать в следующих точках схемы (рис. 12) каждого направления передачи:

- 1 — вход передатчика (блок БК);
- 2 — генератор передатчика (блок БК);
- 3 — выход передатчика (блок БЛ);
- 4 — вход приемника (блок БК);
- 5 — выход приемника (блок БК).

Г. Проверки работы телеграфной связи

Для этого включить в схему (рис. 12) телеграфные аппараты (Тг) и осуществить с их помощью телеграфную передачу поочередно в обе стороны.

Отчет о лабораторной работе

Отчет о работе должен содержать:

- основные технические данные о системе тонального телеграфирования ТТ-48;
- структурную схему аппаратуры, перечень основных узлов, их назначение;
- результаты измерений и расчетов (таблицы), выводы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В чем состоит назначение и какие основные характеристики имеет аппаратура ТТ-48?

2. В какие точки тракта канала ТЧ включается аппаратура ТТ и какие уровни сигналов должны быть в этих точках?
3. Что называется скоростью телеграфной передачи и как она связана с шириной полосы эффективно передаваемых частот канала ТТ?
4. Что такое индекс частотной модуляции и каким он принят в аппаратуре ТТ-48?
5. Как формируется ЧМ-сигнал в каналах аппаратуры ТТ-48?
6. Что представляют собой блок канала БК и линейный блок БЛ?
7. Какую роль выполняют полосовые фильтры передачи и приема в аппаратуре ТТ-48?
8. Как устроены и работают частотные модулятор и демодулятор?
9. Как устроено и работает электронное телеграфное реле?

ЛИТЕРАТУРА

1. Многоканальная связь на железнодорожном транспорте/ Под ред. В.Л. Т ю р и н а. — М.: Транспорт, 1992. - § 6.1, 6.2, 6.5 и 6.8.
2. Аппаратура ТТ-48: Техническое описание и инструкции по эксплуатации.

ЮРИЙ ПАВЛОВИЧ ЧЕБОТАРЕВ
МИХАИЛ БОРИСОВИЧ КОЦЕВ

**МНОГОКАНАЛЬНАЯ СВЯЗЬ
НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ**

Методические указания
к выполнению лабораторных работ

Редактор *Е.А. Ямицкова*
Компьютерная верстка *Т.В. Ершова*

Тип. зак.		Тираж 100 экз.
Подписано в печать	Гарнитура Times	
Усл. печ. л. 2,0		Формат 60×90 ¹ / ₁₆

Редакционный отдел
Информационно-методического управления РОАТ,
125993, Москва, Часовая ул., 22/2

Участок оперативной печати
Информационно-методического управления РОАТ,
125993, Москва, Часовая ул., 22/2