

**Министерство образования и науки Украины
Севастопольский национальный технический университет**



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к лабораторной работе

**“ ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ И АППАРАТУРЫ
ЧАСТОТНОГО РАЗДЕЛЕНИЯ КАНАЛОВ”**

по курсу “Системы передачи данных”

для студентов дневной и заочной формы обучения

специальности 7.080401

**"Информационные управляющие системы
и технологии"**

**Севастополь
2005**



УДК 621.395.5

Исследование методов и аппаратуры частотного разделения каналов.
Методические указания к лабораторной работе по дисциплине "Системы передачи данных" для студентов дневной и заочной формы обучения / Сост. В.С.Чернега.- Севастополь: Изд. СевНТУ, 2005.-14 с.

Цель указаний: Помочь студентам в изучении методов уплотнения физических линий с частотным разделением каналов, а также способов экспериментального исследования характеристик каналообразующей аппаратуры с помощью современного радиоизмерительного оборудования.

Методические указания рассмотрены и утверждены на методическом семинаре и заседании кафедры информационных систем
(протокол № 9 от 25 мая 2005 г.)

Допущено учебно-методическим центром СевНТУ в качестве методических указаний.

Рецензент Мирянов В.И., канд. техн. наук, доцент кафедры технической кибернетики

СОДЕРЖАНИЕ

1. Цель работы	4
2. Основные теоретические положения	4
3. Описание лабораторной установки	7
3.1 Основные технические характеристики аппаратуры уплотнения	7
3.2 Устройство и функционирование аппаратуры уплотнения	8
4. Программа работы	11
5. Методические указания и порядок выполнения работы	12
6. Содержание отчета	13
7. Контрольные вопросы	13
Бibliографический список	13

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ И АППАРАТУРЫ ЧАСТОТНОГО РАЗДЕЛЕНИЯ КАНАЛОВ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Исследовать процессы, происходящие в передающих и приемных частях системы передачи сигналов с частотным уплотнением физических линий с передачей одной боковой полосы. Измерить частотные характеристики аппаратуры уплотнения с частотным разделением каналов.

2. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Если полоса пропускания заданной линии существенно превышает полосу частот передаваемых сообщений $S_i(t)$, ($i=1,2,3,\dots,n$), то эти сообщения целесообразно передавать в линию с помощью временного или частотного уплотнений. В настоящей работе изучается второй способ.

При частотном уплотнении для каждого i -го канала выделяются определенные полосы частот, неперекрывающиеся в пределах полосы линии.

Перенос низкочастотных спектров сообщений $S_i(t)$ в другой частотный диапазон осуществляется с помощью процессов модуляции гармонических носителей. Функциональная схема системы с частотным уплотнением представлена на рисунке 1.

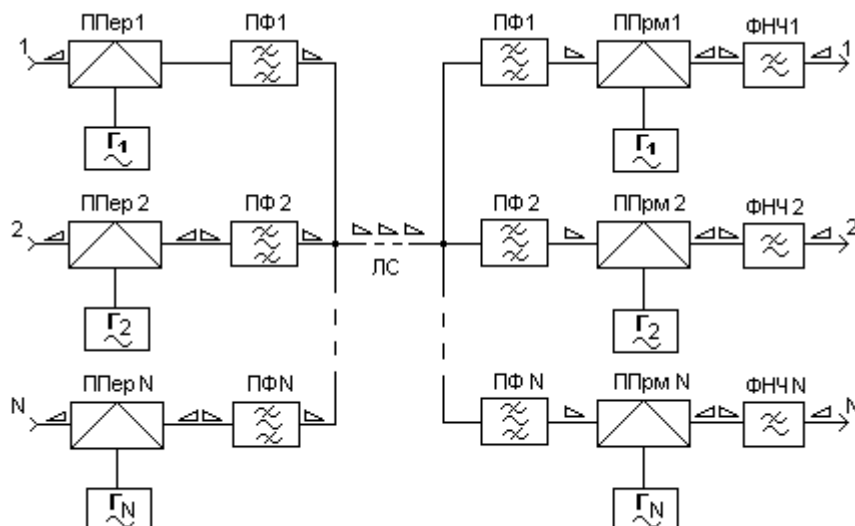


Рисунок 1 - Функциональная схема аппаратуры уплотнения с частотным разделением каналов

Передатчик каждого канала содержит преобразователь частоты ППер, генератор несущей частоты Г и полосовой фильтр ПФ, а приемник – полосовой фильтр ПФ, преобразователь частоты приема ППр, генератор несущей Г_п и фильтр нижних частот ФНЧ.

Для обеспечения одновременной передачи информации в обоих направлениях аппаратура уплотнения содержит передатчики и приемники на обеих сторонах линии связи.

В связи с тем, что несущие частоты различных каналов отличаются, колебания исходных сигналов в линии разнесены по шкале частот так, что они не мешают друг другу.

Спектр линейного сигнала (рисунке 2) занимает полосу частот ΔF_K и состоит из несущей f_i и двух боковых составляющих $f_i + F_H$, $f_i - F_H$, $f_i + F_B$, $f_i - F_B$, где F_B и F_H соответственно верхняя и нижняя частоты спектра исходного сигнала $S_i(t)$. Так как фильтры не могут обеспечить резкого разграничения близко расположенных частот, то для устранения взаимного влияния каналов эффективно передаваемые полосы частот располагаются на некотором расстоянии ΔF_p друг от друга.

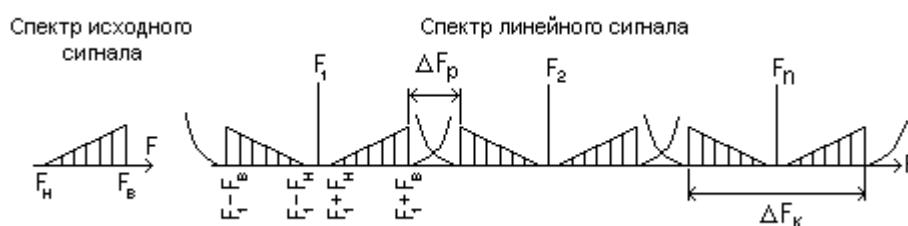


Рисунок 2 - Перенос спектра исходного сигнала при частотном уплотнении

В зависимости от конкретных требований, предъявляемых системе частотного уплотнения, передача информации может осуществляться с передачей несущего колебания и обеих боковых полос (рисунке 3,а), несущего колебания и одной из боковых полос (рисунке 3,б) и только одной из боковых полос (рисунке 3,в).

Передача информации на одной из боковых полос частот позволяет более эффективно использовать полосу пропускания линии связи и тем самым увеличить число каналов, образуемых системой уплотнения, однако сложность приемо-передающей аппаратуры существенно возрастает.

В зависимости от конкретных условий работы системы, может подавляться любая боковая полоса частот. При работе по проводным линиям чаще подавляется верхняя боковая полоса частот. При этом максимальная частота линейного сигнала понижается, в результате чего уменьшается затухание линейного сигнала.

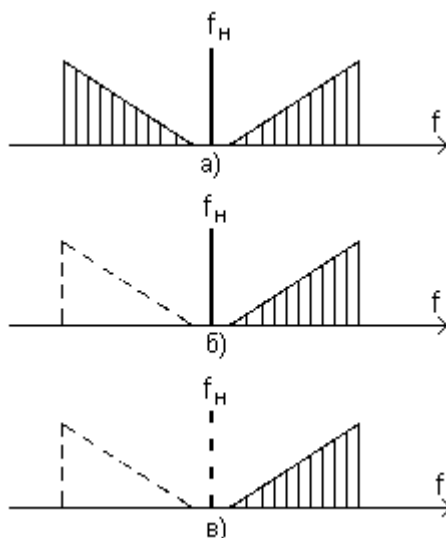


Рисунок 3 – Варианты передачи спектральных составляющих

Обычно перенос сообщений в отведенную в линии полосу осуществляется в два этапа. Сначала образуются каналные сигналы $S_{iam}(t)$, которые складываясь образуют линейный сигнал

$$U_m(t) = \sum_{i=1} S_{iam}(t).$$

Линейный сигнал затем, в свою очередь, рассматривается как модулирующее колебания по отношению к новой несущей частоте, которая окончательно определяет положение спектра в линии передачи. Таким образом, при построении многоканальных систем с частотным уплотнением, используется принцип многократного преобразования частоты, что позволяет существенно уменьшить число типов различных узлов, входящих в схему аппаратуры (полосовых фильтров, преобразователей частоты и т.д.).

При построении стандартной аппаратуры с частотным разделением сигналов исходный сигнал ограничивается по спектру от 0,3 до 3,4 кГц – стандартный телефонный канал (в ряде случаев от 0,3 до 2,7 кГц) и с помощью индивидуального преобразовательного оборудования полоса 12 исходных информационных сигналов переносится в диапазон частот 60-108 кГц. Разнос по частоте между каналами составляет 4 кГц. Затем с помощью первичного группового преобразования одинаковые полосы частот пяти первичных групп преобразуются в полосу частот 312-552 кГц 60-канальной (вторичной) группы. С помощью вторичного группового преобразования одинаковые полосы частот пяти вторичных групп преобразуются в полосу частот 812-2044 кГц 300-канальной (третичной) группы и т.д.

3. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

В качестве лабораторной установки используется шестиканальная высокочастотная аппаратура типа КНК-6Т производства фирмы TESLA (Чехословакия). Она предназначена для уплотнения кабельных медных линий связи с диаметром жил от 0,8 до 1,5 мм. Образование телефонных каналов тональной частоты (ТЧ) осуществляется преобразованием токов звуковых частот в более высокие частоты при передаче и обратным преобразованием при приеме. Аппаратура работает по двухпроводной двухполосной системе связи в диапазонах частот 16-60 кГц в одном направлении и 76-120 кГц – в другом. Устройство КНК-6Т может работать на линии с двумя оконечными станциями, а также на линиях с промежуточными необслуживаемыми усилительными пунктами (НУП). Питание НУП осуществляется дистанционно постоянным током по линии связи, по которой передаются групповые сигналы. Конструкция КНК-6Т позволяет нарастить ее дополнительными 6 каналами. Конструктивно КНК-6Т включает 6 блоков дифференциальных систем ВАЈ, 6 канальных блоков КАЈ, групповой блок SKJ, блок генераторов и контрольно-измерительный блок.

Кроме двух оконечных станций КНК-6Т в состав стенда входят:

- измерительный генератор П-321;
- специализированный комбинированный прибор для измерения частоты и уровней сигналов 12XJ 043;
- специализированный комбинированный прибор для измерения уровней сигналов 12XN 060;
- осциллограф С1-55.

3.1. Основные технические характеристики аппаратуры уплотнения

- 3.1.1 Число каналов тональной частоты 6.
- 3.1.2 Линейные полосы частот: общая 16 – 120 кГц; полоса «А» 16 – 60 кГц; полоса «Б» 76 – 120 кГц.
- 3.1.3 Выходной уровень (по мощности) передающей части группового блока на стойке «Б» -13 дБ (-11,5 Неп).
- 3.1.4 Выходной уровень (по мощности) передающей части группового блока на стойке «А» -20 дБ (-2,3 Неп).
- 3.1.5 Минимально допустимый уровень приема (по мощности) -67,4 дБ (-7,75 Неп).
- 3.1.6 Перекрываемое затухание кабельной линии на частоте 120 кГц составляет 48,7 дБ (5,6 неп), что соответствует 16 км.

- 3.1.7 Групповой блок содержит цепи искусственной линии, при помощи которых дополняется прилегающий кабельный участок до максимальной длины.
- 3.1.8 Входные сопротивления: четырехпроводный и двухпроводный входы и выходы по звуковой частоте 600 Ом; линейный вход 600 Ом.
- 3.1.9 В аппаратуре имеется канал передачи сигналов управления на частоте 3850 Гц с максимальной скоростью передачи 50 Бод.
- 3.1.10 Потребляемая мощность питания 120 Вт.

3.2. Устройство и функционирование аппаратуры уплотнения

Функциональная схема аппаратуры уплотнения с частотным разделением каналов КНК-6Т приведена на рисунках 4 и 5.

На рис.4 показана схема одного канального блока КАJ аппаратуры уплотнения с индивидуальной дифференциальной системой ВАJ. Остальные блоки построены аналогично, отличие состоит только в несущей частоте, которая подается на модулятор и демодулятор соответствующего блока. Канальный блок, кроме преобразования входного информационного сигнала, обеспечивает также передачу вне полосы тональной частоты (ТЧ) сигнала управления. Преобразование сигналов управления происходит в модуляторе МСУ, на который подается несущее колебание частотой 3850 Гц.

Разговорные токи 6 каналов с помощью модуляции несущих частот 80, 88, 96, 104, 112 и 120 кГц переносятся в полосу «Б» (76 – 120 кГц), которая передается в одном из направлений. В обратном направлении передается полоса «А» (16 – 60 кГц), которая получается преобразованием полосы «Б» групповой несущей частотой 136 кГц.

Дифференциальная система обеспечивает связь с источником и получателем телефонных сигналов (АТС) по двух- или четырехпроводной схеме. Для исключения перегрузки модулятора и согласования уровней сигналов передаваемый сигнал на канальный блок подается через амплитудный ограничитель ОА и удлинитель Удл1. Далее сигнал поступает в компандер Ком, который представляет собой усилитель с нелинейным коэффициентом усиления. Слабые сигналы в нем усиливаются с большим коэффициентом с целью превышения их уровня над уровнем шумов тракта передачи. Для сигналов, уровень которых соответствует номинальному уровню, компандер представляет собой удлинитель с нулевым затуханием. Полосовой фильтр ПФ1, расположенный за компандером, подавляет частоты входного сигнала, расположенные выше 3400 Гц, которые могли бы создать помехи в соседних каналах и, кроме того, нарушить работу канала управления, работающего на частоте 3850 Гц. Полосовой фильтр ПФ1 подавляет также частоты, расположенные ниже 300 Гц.

Канальный преобразователь частоты состоит из двух модуляторов М1 и М2, на которые подаются несущие колебания, сдвинутые по фазе на 90^0 . Для

сдвига фазы используется фазовращатель ФВ. Смесь разговорных и управляющих сигналов с помощью разветвителя РВ через фазирующие элементы ФЭ1 и ФЭ2 подается на модуляторы М1 и М2. За счет ФЭ1 и ФЭ2 обеспечивается взаимный сдвиг фазы сигналов в модуляторах равный 90° . На выходах модуляторов образуются две боковые полосы частот с одинаковой амплитудой. В связи с тем, что в качестве преобразователя частоты М1 и М2 используется балансный кольцевой модулятор, несущая частота подавляется. Верхние боковые полосы на выходе М1 и М2 находятся в противофазе, а нижние – в фазе. Колебания верхней боковой в трансформаторе Тр подавляются, а нижней – складываются.

Нижняя боковая полоса дополнительно ослабляется удлинителем (на схеме он не показан) и совместно с боковыми полосами остальных пяти каналов подается на вход передающей части группового блока.

Функциональная схема группового блока SKJ показана на рисунке 5. На входе передающей части группового блока оконечной станции «Б» имеется фильтр нижних частот ФНЧ1, пропускающий частоты до 120 кГц, два широкополосных усилителя Ус1 и Ус2 и амплитудный корректор (наклонный выравниватель) ВН1. Выравниватель создает наклон полосы частот (более высокие частоты передаются с большим уровнем) с целью компенсации наклона амплитудно-частотной характеристики прилегающего участка кабеля. Фильтр верхних частот ФВЧ с полосой пропускания от 76 кГц и нижних частот ФНЧ2 с полосой пропускания до 120 кГц являются направляющими. Они создают полосу частот передаваемого многоканального сигнала в диапазоне 76 – 120 кГц. Для дополнения затухания кабеля до значения затухания, соответствующего максимальной длине усилительного участка, используется искусственная линия ИЛ. Наклонный выравниватель ВН2 применяется для дополнительной коррекции АЧХ кабеля связи. Трансформатор Тр служит для обеспечения гальванической развязки передатчика с линией, согласования выходного сопротивления передатчика (600 Ом) со входным сопротивлением кабельной линии 150 Ом (или 120 Ом). К средней точке Тр подключается дистанционное питание промежуточных усилителей.

В обратном направлении на станции «Б» принимаются сигналы полосы «А», которые проходят через линейный трансформатор и выделяются фильтром ФНЧ3, который пропускает частоты до 60 кГц и в достаточной степени подавляет компоненты частотой выше 76 кГц. Функции искусственной линии ИЛ и выравнивателя ВН2 такие же как и при передаче. Усилитель Ус3 повышает уровень входных сигналов до величины, необходимой для нормальной работы группового демодулятора ДМГ. Демодулятор ДМГ при помощи групповой несущей 136 кГц переносит принимаемую полосу «А» (16 – 60 кГц) в полосу «Б» (76 – 120 кГц). Фильтр ФНЧ4, расположенный за демодулятором, подавляет лишние продукты преобразования. Дополнительный выравниватель ВД предназначен выравнивания АЧХ линейного тракта, не полностью скомпенсированных основным выравнивателем ВН2. Выравниватель ВД включается только в случае необходимости.

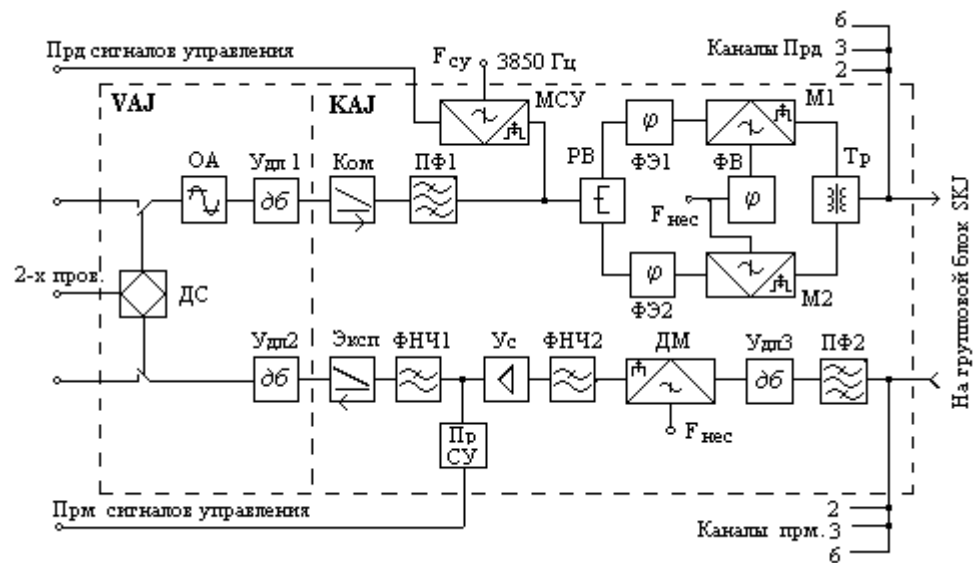


Рисунок 4 - Функциональная схема канального блока аппаратуры уплотнения КНК-6Т

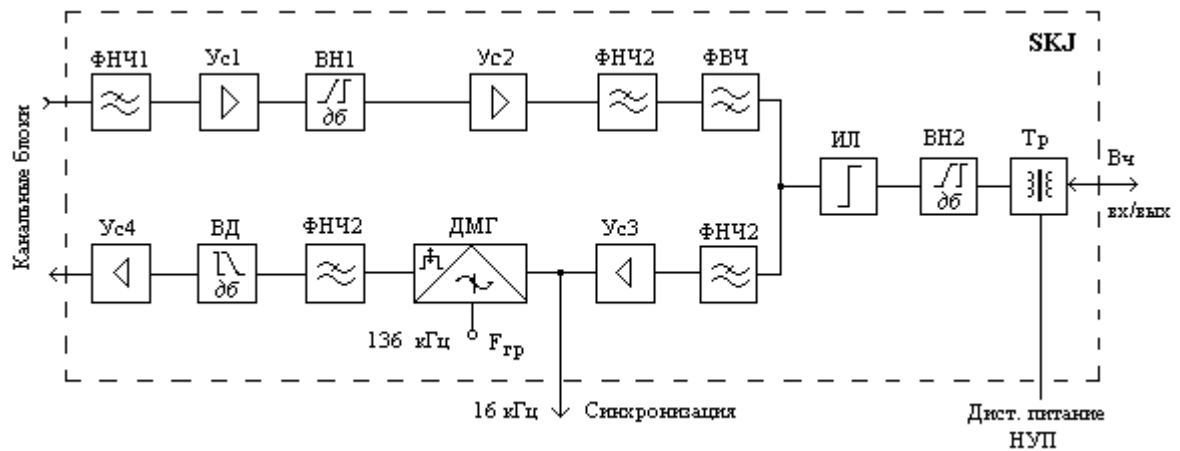


Рисунок 5 - Функциональная схема группового блока аппаратуры уплотнения КНК-6Т

Широкополосный усилитель Ус4 повышает уровень принимаемой полосы до величины, обеспечивающей нормальную работу приемника канального блока КАЖ.

С группового блока оконечной станции «А» передается полоса 16 – 60 кГц. При этом групповой модулятор входит в состав тракта передачи. Назначение остальных функциональных узлов группового блока аналогично станции «Б».

Высокочастотные колебания шести каналов при приеме полосы «Б» (76 – 120 кГц) поступают на вход канальных полосовых фильтров ПФ2 всех канальных блоков, пропускающих полосу сигнала данного канала и частично подавляющих частоты остальных каналов. С помощью переменного удлинитель УдлЗ устанавливается выходной уровень канального сигнала. Демодулятор ДМ и ФНЧ2 переносят в исходную низкочастотную область сигналы разговорного тракта и сигнальную частоту. Блок Ус усиливает как разговорные токи, так и сигнальную частоту. За усилителем установлен фильтр ФНЧ1, ограничивающий полосу частот до 3400 Гц. Экспандер Эксп, включенный за усилителем Ус, восстанавливает исходную динамику передаваемых разговорных компонент, сжатых компрессором.

К выходу Ус присоединен также приемник сигналов управления ПрСУ, состоящий из полосового фильтра сигнальной частоты 3850 Гц и усилителя, на выходе которого включено сигнальное реле.

Для формирования несущих колебаний используется блок генератора несущих частот, который является общим для всей оконечной стойки и может питать максимально 4 шестиканальные системы КНК-6Т. генератор обеспечивает формирование 6 индивидуальных несущих частот 80, 88, 96, 104, 112 и 120 кГц, групповой частоты 136 кГц и сигнальной частоты 3850 Гц. Чтобы обеспечить совпадение несущих частот обеих оконечных станций, необходимое для работы тонального телеграфа, одна станция работает в качестве ведущей, другая является управляемой – ведомой. При этом управляемая станция синхронизируется со стороны ведущей. Ведущей является станция «А», и только в случае повреждения тракта синхронизации ведущей становится станция «Б». Частотой синхронизации на линии является частота 16 кГц, а в случае повреждения – 120 кГц.

4. ПРОГРАММА РАБОТЫ

- 4.1. Изучить принцип действия аппаратуры уплотнения КНТ-6Т по функциональной схеме и ознакомиться с техническими характеристиками аппаратуры, схемой включения в линию, с ее органами управления, а также с измерительными приборами.
- 4.2. Проследить цепи прохождения сигналов по функциональной схеме аппаратуры.
- 4.3. Снять АЧХ и ФЧХ телефонного канала в прямом и обратном направлениях (номер канала задается преподавателем).
- 4.4. Произвести измерения частот и абсолютного уровня несущих колебаний всех шести каналов.
- 4.5. Произвести измерения уровня и частоты несущей группового тракта и сигнала управления.

- 4.6. Снять зависимость боковой частоты на выходе канального модулятора от частоты входного сигнала $f_{\text{бок}} = \phi(f_{\text{вх}})$.
- 4.7. Составить отчет по работе.

5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

- 5.1. На лабораторном стенде левая станция является главной (ведущей), а правая – управляемой (ведомой).
- 5.2. Перед включением питания аппаратуры установить переключатели левой станции в следующие положения:
- 5.3. тумблер «Старт-Работа» - в положение «Раб.»;
- 5.4. тумблер «Звонок» - в положение «Зв. Выкл.»;
- 5.5. тумблер –ЕІ - –ЕІІ - в положение –ЕІ;
- 5.6. тумблер «Глав.Станц. – Упр.Станц.» - в положение «Главная станция»;
- 5.7. переключатель режима работ – в положение «Измерение переменное»;
- 5.8. переключатель параметров – в положение «»;
- 5.9. тумблеры дифсистем – в левое положение.
- 5.10. тумблер І – в положение «Вкл.»;
- 5.11. тумблер ІІ – в положение «Выкл.».
- 5.12. Переключатели правой станции установить в такое же положение, за исключением тумблера «Глав.Станц.-Упр.Станц.», который должен быть в положении «Упр.Станция».
- 5.13. Частоты несущих и управляющих колебаний измеряется с помощью частотомера 12ХJ 043, подсоединяемого к выходным гнездам блока генератора частот, которые выведены на переднюю панель правой стойки. К этим же гнездам подсоединяется и осциллограф для снятия осциллограмм сигналов.
- 5.14. Уровни измеряемых сигналов определяются в неперах с помощью указателя уровня прибора П-321. Затем урони пересчитываются в дБ, исходя из соотношения $1\text{Неп} = 8,7\text{ дБ}$.
- 5.15. Для снятия АЧХ канала целесообразно воспользоваться измерительным генератором - указателем уровня П-321. ФЧХ канала измеряется с помощью двухлучевого осциллографа С1-55.
- 5.16. Для измерения боковых частот на выходе модулятора канального блока необходимо с помощью специальных контактов и соединительных проводников подключить измерительный генератор П-321 к гнездам Вх1-Вх2, а вход частотомера прибора 12ХJ 043 – аналогичными контактами к гнездам Вых1-Вых2 канального блока.

6. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

- 6.1. Схема экспериментальной установки.
- 6.2. Осциллограммы колебаний для всех точек измерений.
- 6.3. Амплитудная и фазовая характеристика канала.
- 6.4. Зависимость боковой частоты от частоты входного сигнала.
- 6.5. Выводы по работе.

7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 7.1. Как осуществляется преобразование частоты сигналов в системах с частотным разделением каналов?
- 7.2. Покажите процесс преобразования частоты с помощью аналитических выражений.
- 7.3. За счет чего в модуляторе образуются верхние и нижние боковые частоты?
- 7.4. Объясните функционирование схемы многоканальной системы с ЧРК.
- 7.5. Объясните схему и принцип построения индивидуального преобразовательного оборудования.
- 7.6. Расскажите о построении группового преобразовательного оборудования, изобразите спектр частот на выходе функциональных блоков.
- 7.7. Как устроена аппаратура уплотнения с подавленной несущей и одной боковой полосой? Приведите структурную схему, спектр сигналов.
- 7.8. Начертите и поясните схему включения аппаратуры уплотнения в линию.
- 7.9. Приведите схему дистанционного питания усилительного пункта.
- 7.10. Объясните работу аппаратуры уплотнения КНК-6Т в различных режимах по функциональной схеме.
- 7.11. Зачем в аппаратуре уплотнения используется канал управления?
- 7.12. Каким образом в канальном модуляторе формируется одна боковая полоса? Докажите аналитически процесс подавления несущей и одной боковой.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1) Гаранин М.В., Системы и сети передачи информации / М.В.Гаранин, В.И.Журавлев, С.В. Кунегин. – М.: Радио и Связь, 2001.- 336 с.
- 2) Галкин В.А. Телекоммуникации и сети: Учебное пособие для вузов / В.А. Галкин Ю.А., Григорьев.- М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2003.-608 с.
- 3) Зингеренко А.М. Системы многоканальной связи: Учебник для вузов связи / А.М. Зингеренко, Н.Н. Баева, М.С.Тверецкий – М.: Связь, 1980. - 440 с.

- 4) Многоканальная связь. / Под ред. И.А. Аболица. – М.: Связь, 1972.- 392 с.



Заказ № _____ от « _____ » _____ 2005 г. Тираж _____ экз.
Изд-во СевНТУ