

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна

Должность: проректор по учебной работе

Дата подписания: 16.12.2020 18:58:48

Уникальный программный ключ:

0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f111eabhf73e943df4a4851fda56d089

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное**

**учреждение высшего образования**

**«Юго-Западный государственный университет»**

**(ЮЗГУ)**

Кафедра космического приборостроения и систем связи

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе  
Локтионова  
« 16 » декабря 2017 г.



## **ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ СВЯЗИ С АМПЛИТУДНО-ИМПУЛЬСНОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ (АИМ)**

Методические указания  
по выполнению лабораторной работы №2  
по дисциплине «Системы коммутации»

Курск 2017

УДК 654:004.7 (075.8)

Составители: Н.П. Павлюченков, И.Г. Бабанин, Д.С. Коптев

Рецензент

Кандидат технических наук, старший научный сотрудник,  
профессор кафедры *В.Г. Андронов*

**Исследование системы связи с амплитудно – импульсной модуляцией (АИМ):** методические указания по выполнению лабораторной работы №2 / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: Н.П. Павлюченков, И.Г. Бабанин, Д.С. Коптев. - Курск, 2017. - 11 с.: - Библиогр.: с. 11.

Методические указания по выполнению лабораторной работы №2 содержат краткие теоретические сведения о системах связи с амплитудно – импульсной модуляцией, задания по выполнению работы, а также перечень вопросов для самопроверки изучаемого материала.

Полученные знания в результате выполнения работы дадут возможность сформировать целостную картину информационного взаимодействия в современных сетях, что является фундаментом для изучения остальных дисциплин профессионального цикла учебного плана, а также могут быть использованы в будущей профессиональной деятельности выпускника, связанной с сетевыми технологиями.

Методические указания соответствуют требованиям рабочей программы дисциплины «Системы коммутации», утверждённой методическими комиссиями по специальности 10.05.02 «Информационная безопасность телекоммуникационных систем» и направлению подготовки 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи».

Предназначены для студентов специальности 10.05.02 и направления подготовки 11.03.02 очной формы обучения. Представляют интерес для студентов всех специальностей технических направлений.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать 20.11.17. Формат 60x84/16.

Усл. печ. л. 0,5. Уч.-изд. л. 0,4 Тираж 100 экз. Заказ 2087 Бесплатно

Юго-Западный государственный университет.

305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94

### ***Цель работы.***

1. Изучить процесс функционирования и освоить управление лабораторной установкой.
2. Сформировать заданное множество сигналов с амплитудно-импульсной модуляцией (АИМ), Изучить их особенности и определить параметры.
3. Получить и исследовать групповой сигнал из сигналов с АИМ, применяя временное разделение каналов.
4. Проконтролировать процесс разделения сигналов с АИМ в приемной части установки. Оценить качество разделения.
5. Оценить качество восстановления передаваемых сигналов с помощью фильтров низких частот.

### ***Применяемые приборы и оборудование.***

1. Лабораторная установка «Изучение принципов временного разделения каналов (ЦСК-1)» - 1 шт.
2. Осциллоскоп, двухканальный или одноканальный – 1 шт.
3. Коаксиальный кабель с двумя байонетными разъемами BNC на концах – 1 шт.
4. Коаксиальный кабель с одним байонетным разъемом и с двумя штекерами на другом конце – 1 шт.
5. Соединительные провода - 6 шт.

### ***Подготовка к выполнению работы.***

1. Изучить способы и устройства для получения сигналов с АИМ по конспекту лекций и литературе, рекомендованной преподавателем.
2. Повторить принцип и способы временного разделения (уплотнения) каналов связи с применением сигналов с АИМ.
3. Повторить принцип и способы разделения сигналов с АИМ.
4. Повторить принцип и способы восстановления аналоговых сигналов из сигналов с АИМ.
5. Изучить состав и структурную схему лабораторной установки. Определить назначение блоков индикаторов и органов управления установки по описанию, приведенному в указаниях к данной работе.
6. Прочитать в данных методических указаниях порядок проведения работы. Представить себе необходимую последовательность соединений, переключений и измерений, нужных для выполнения работы.
7. Ответить на все перечисленные в данных методических указаниях контрольные вопросы по работе.

8. Подготовить черновик отчета по работе, разместив на нем поля и оси координат временных диаграмм сигналов, которые будут наблюдаться при выполнении работы.

### ***Описание лабораторной установки.***

Лабораторная установка «Изучение принципов временного разделения каналов (ЦСК-1) выполнена в настольном варианте. Она рассчитана на питание от сети переменного тока 220 В, 50 Гц. Лицевая панель установки изображена на рисунке 4.1.

На лицевой панели установки размещены:

- структурная схема четырехканальной линии связи с временным разделением каналов;
- субпанель «КОНТРОЛЬНЫЕ СИГНАЛЫ»;
- субпанель «ВХ. ОСИЛОГРАФА»;
- субпанель «УСТРОЙСТВО УПРАВЛЕНИЯ».

Установка включается в сеть клавишей «ВКЛ-СЕТЬ» расположенной в правом нижнем углу макета.

На структурной схеме выделены передающая часть, линия связи и приемная часть. Передающая часть состоит из четырех ключей, четырех кодеров каналов и мультиплексора MUX. К линии связи может подключаться генератор шума ГШ. Уровень выходного сигнала этого генератора регулируется ручкой «УРОВЕНЬ ШУМА». Кроме того, в линию связи включается соответствующим тумблером пороговое устройство УР. На приемной стороне имеются демультимплексор DMUX, декодеры и фильтры каналов. На схеме выделены контрольные гнезда для подключения осциллоскопа и производства необходимых соединений.

С гнезд субпанели «КОНТРОЛЬНЫЕ СИГНАЛЫ» снимаются три различных по форме сигнала, которые после амплитудно-импульсной модуляции (АИМ) или импульсно-кодовой модуляции (ИКМ) подаются в общую линию связи.

На субпанели «ВХ. ОСЦИЛЛОГРАФА» размещены кнопки управления временными метками и байонетные гнезда I и II для подачи этих меток на входы осциллоскопа.

Субпанель «УСТРОЙСТВО УПРАВЛЕНИЯ» содержит кнопки управления и индикаторы. На ней имеются тумблер «32 Гц» - «2Гц» для выбора одной из двух частот следования импульсов, управляющих мультиплексором и демультимплексором.

При переключении тумблера в положение «2Гц» индикаторы приборов MUX и DMUX светившиеся ранее непрерывно, начинают периодически переключаться, указывая, какой из каналов включен для каждого интервала времени. При этом индикаторы A0, A1, и B0, B1 указывают двоичный код номера включенного канала.

Устройство управления мультиплексорами может быть в циклическом режиме или режиме программного управления. Выбор режима производится

тумблером «ЦИКЛ»-«ПРОГРАМ.». В циклическом режиме входы мультиплексора и демультимплексора переключаются синхронно и синфазно, в естественном порядке. При этом в любой момент времени оказываются связанными друг с другом каналы передающей и приемной части установки с одинаковыми номерами.

В режиме программного управления можно изменить порядок коммутации ключей мультиплексора и демультимплексора. Тогда, например, в один и то же момент времени сигнал с первого хода мультиплексора будет попадать на четвертый выход демультимплексора и т.п.

Для изменения порядка коммутации необходимо перевести тумблер «ЦИКЛ»-«ПРОГРАМ.» в положение «ПРОГРАМ.» и ввести в оперативную память устройства управления номера входов и выходов, которые необходимо соединять одновременно. Это делается кнопками «ШАГ», «ВО» и «В1». Результат настройки высвечивается на расположенных около этих кнопок индикаторах. При этом индикаторы «ВО» и «В1» указывают в двоичном коде номер канала мультиплексора, который установлен на шаге программирования, указанном индикатором «ШАГ».

Установка устройства управления в исходный режим производится кнопкой «СБРОС».

При формировании АИМ-сигнала его дискретизация производится электронными каналами. Частота дискретизации  $f_{\Delta}$  равна 8 кГц, т.е. период дискретизации  $T_{\Delta}$  равен 125 мкс.

В лабораторной установке могут быть образованы четыре канала связи, на входы которых подаются контрольные сигналы  $F_1(t)$ ,  $F_2(t)$  и  $F_3(t)$ . Один из каналов остается свободным. Поскольку длительность стробирующих импульсов  $\tau_{\Delta} < T_{\Delta}$ , оставшийся временной интервал между соседними отсчетами используется для размещения АИМ сигналов, соответствующих остальным каналам.

Объединение дискретных сигналов с АИМ, соответствующих этим каналам, осуществляется мультиплексором. Его основу составляют четыре электронных ключа, которые управляются последовательностями стробирующих импульсов  $S_{1i} - S_{4i}$ . На их входы поступают аналоговые сигналы  $F_1(t)$ ,  $F_2(t)$  и  $F_3(t)$ , а на выходах формируются последовательности отсчетов  $F_{1i}$ ,  $F_{2i}$  и  $F_{3i}$ . Стробирующие импульсы, поступающие на ключи соседних каналов, сдвинуты на временной интервал соответствующий  $\tau_{\Delta}$ . В результате отсчеты отдельных каналов выстраиваются друг за другом и таким образом формируется групповой сигнал на выходе мультиплексора.

Он поступает в линию связи и, пройдя по ней, попадает на вход демультимплексора DMUX, в котором производится разделение дискретных сигналов. Оба устройства - мультиплексор и демультимплексор - управляются синхронно. Для этого в устройстве управления вырабатывается последовательность импульсов с частотой следования 32 кГц, которая поступает на эти элементы. Для визуального контроля осуществляющихся в лабораторной установке коммутаций эта частота может быть уменьшена до

2 Гц. Выбор ее значения осуществляется тумблером «32 кГц – 2Гц» на лицевой панели установки.

На последнем этапе происходит восстановление аналогового сигнала - формирование исходной функции времени  $F(t)$  по пришедшим по линии связи отсчетным импульсам. На практике для выполнения этих операций используется фильтр нижних частот (ФНЧ). Процесс восстановления сигналов целиком основан на выводах теоремы Котельникова.

В лабораторной установке предусмотрен узел, формирующий три различных по форме испытательных сигнала ( $F_1, F_2, F_3$ ). При проведении исследований они подаются на входы любых трех каналов связи. Вход одного из каналов остается свободным.

Все необходимые соединения между блоками выполняются с помощью соединительных шнуров и клемм, выведенных на лицевую панель.

Анализ осциллограмм на выходах отдельных блоков системы связи, смоделированной в данной лабораторной установке, производится с помощью двухлучевого осциллоскопа. Для удобства проведения измерений его входы подключаются к двум коаксиальным разъемам типа BNC на лицевой панели («ВХ.ОСЦИЛЛОГРАФА» I, II). Предусмотрено также формирование сигнала синхронизации для используемого осциллоскопа.

### ***Контрольные вопросы***

1. Какие сигналы называют дискретными?
2. Как производится дискретизация сигналов?
3. Из каких соображений выбирают частоту дискретизации?
4. Какой принята частота дискретизации для речевых сигналов в телефонии?
5. Что такое амплитудно-импульсная модуляция (АИМ)?
6. Как получить сигнал с АИМ из аналогового сигнала?
7. Как правильно объединить несколько сигналов с АИМ в одном частотном канале?
8. Из каких соображений выбирают частоту следования импульсов, управляющих мультиплексором?
9. Как правильно разделить несколько сигналов с АИМ, следующих по одному частотному каналу?
10. Как производится восстановление аналогового сигнала из сигнала с АИМ?
11. Каковы требования к характеристикам и параметрам фильтров, восстанавливающих аналоговый сигнал?
12. Зачем нужны в лабораторной установке контрольные сигналы? Как они обрабатываются?
13. Каково назначение и функции субпанели «ВХ. ОСЦИЛЛОГРАФА»?

14. В какое положение нужно установить тумблеры на субпанели «УСТРОЙСТВО УПРАВЛЕНИЯ» перед началом выполнения работы?
15. Зачем нужна кнопка «СБРОС»?
16. Как получить на экране осциллоскопа метки времени, вырабатываемые лабораторной установкой? Зачем они нужны при проведении эксперимента?
17. Как определить с помощью осциллоскопа период и частоту дискретизации сигналов?
18. Какова связь между сигналом на входе мультиметра и сигналами с АИМ на его входах?
19. Каковы причины различия по форме исходного аналогового сигнала и сигнала, восстановленного из сигнала с АИМ?
20. Как повысить точность восстановления аналоговых сигналов из сигналов с АИМ?

### *Порядок выполнения работы.*

1. Установить начальное положение органов управления осциллоскопом. Переключатель уровня чувствительности «V/ДЕЛ» установить в положение «0,05» или «0,1». Ручку переключателя «ВРЕМЯ/ДЕЛ» поставить в положение «5 ms». Подключить кабеля входы осциллоскопа к разъемам «ВХ. ОСЦИЛЛОГРАФА» на лицевой панели установки.

2. Подготовить лабораторную установку к проведению измерений. Для этого:

2.1. Включить осциллоскоп. Включить питание лабораторной установки клавишей «ВКЛ-СЕТЬ». При этом непрерывно начинают светиться клавиша «ВКЛ-СЕТЬ» и световые индикаторы установки.

2.2. Установить тумблеры на устройстве управления в положение «32 КГц» и «ЦИКЛ». Подключить входы осциллоскопа к гнезду I субпанели «ВХ. ОСЦИЛЛОГРАФА».

2.3. Нажать кратковременно кнопку «СБРОС» на устройстве управления.

2.4. Установить тумблер порогового устройства УР в линии связи в положение «ВЫКЛ».

2.5. Установить потенциометр «УРОВЕНЬ ШУМА» в линии связи в крайнее положение против часовой стрелки.

3. Провести измерение двух интервалов между метками времени, которые используются в данном лабораторном макете. Результаты измерения будут использоваться в трех лабораторных работах. Для этого выполнить следующие операции:

3.1. Включить метки времени, нажав правую кнопку, находящуюся на субпанели «ВХ. ОСЦИЛЛОГРАФА». Проверить, что при этом левая кнопка находится в отжатом состоянии.

3.2. Добиться устойчивого изображения меток на экране осциллоскопа, подобрав период развертки так, чтобы на экране укладывалось не более двух меток.

3.3. Произвести измерение временного интервала между двумя соседними метками по шкале на экране осциллоскопа, учитывая цену деления, соответствующую положению переключателя «РАЗВЕРТКА-ВРЕМЯ/ДЕЛ.» на его лицевой панели. Записать измеренное значение в протокол отчета.

3.4. Установить правую кнопку в отжатое состояние и нажать левую. При этом формируются метки с другим временным интервалом.

3.5. Аналогичным образом произвести измерение нового временного интервала, подобрав период развертки так, чтобы и в этом случае на его экране укладывалось бы две метки. Записать измеренное значение в протокол отчета.

3.6. Выключить метки времени, установив обе кнопки на субпанели «ВХ. ОСЦИЛЛОГРАФА» в отжатое состояние. Отключить входы осциллоскопов от разъемов на лицевой панели.

4. Сформировать дискретные сигналы с амплитудно-импульсной модуляцией. Для этого выполнить следующие операции.

4.1. С помощью соединительного кабеля с двумя штекерами подключить гнездо контрольного сигнала F1 к гнезду 0 мультиплексора. Ко второму гнезду 0 подключить потенциальный штекер канала I осциллоскопа. «Земляной» штекер кабеля осциллоскопа подключить к любому из четырех гнезд входа кодеров или, с помощью зажима «крокодил», к внешнему цилиндру одного из двух разъемов типа BNC на субпанели «ВХ. ОСЦИЛЛОГРАФА». Проконтролировать появление осциллограммы контрольного сигнала.

4.2. Подобрать период развертки так, чтобы на экране укладывался приблизительно один период контрольного сигнала. ***Во всех последующих измерениях, выполняемых в данной лабораторной работе, положение переключателя, определяющего период развертки, не изменять!***

4.3. Зарисовать осциллограмму контрольного аналогового сигнала. Пользуясь шкалой на экране осциллоскопа и учитывая цену деления, соответствующую положению переключателя «РАЗВЕРТКА-ВРЕМЯ/ДЕЛ.» на лицевой панели, определить временной период контрольного сигнала.

4.4. Подключить второй канал осциллоскопа к выходу мультиплексора (потенциальный штекер к контрольной точке КТ1, а «земляной» к выходу любого кодера). Проконтролировать появление на его экране сигнала с амплитудно-импульсной модуляцией. В данном случае она осуществляется электронными ключами, входящими в состав мультиплексора.



4.5. Включить метки, выбрав временной интервал между ними так, чтобы он соответствовал периоду следования отсчетных импульсов (периоду дискретизации). Для этого нажать соответствующую кнопку на субпанели «ВХ. ОСЦИЛЛОГРАФА» установки. Определить период дискретизации, измерив временной интервал между соседними отсчетами. Занести измеренное значение в протокол отчета.

4.6. Включить метки, выбрав временной интервал между ними так, чтобы он соответствовал длительности отсчетного импульса, нажав соответствующую кнопку на лицевой панели установки. Определить длительность отсчетного импульса. Занести измеренное значение в протокол отчета. ***Для всех измерений, выполняемых в пункте 4, использовать метки с данным интервалом.***

4.7. Зарисовать осциллограмму сигнала с амплитудно-импульсной модуляцией, поступающего на вход второго канала осциллографа. Расположить ее под осциллограммой контрольного сигнала, сохранив масштаб по временной оси и метки.

4.8. Снять соединение гнездо F1 - гнездо 0 мультиплексора.

4.9. Подключить гнездо контрольного сигнала F2 и вход канала I осциллоскопа ко входу 1 мультиплексора подобно тому, как это делалось в п. 4.1.. Вход канала II для всех измерений, выполняемых в этом пункте остается подключенным к контрольной точке КТ1.

4.10. Зарисовать осциллограммы сигналов, поступающих на оба входа осциллоскопа (контрольный сигнал F2 и соответствующий АИМ сигнал). Во всех случаях выдержать одинаковый масштаб по временной (горизонтальной) оси и сохранить на них временные отметки. При зарисовке осциллограмм следует располагать их друг под другом так, чтобы на них были сохранены все временные соотношения между сигналами.

4.11. Снять соединение «гнездо F2 – гнездо 1 мультиплексора». Повторить измерения, соответствующие пункту 4.10, подав контрольный сигнал F3 на вход 2 мультиплексора.

5. Исследовать процесс формирования группового сигнала. Для этого выполнить следующие операции.

5.1. Подключать контрольный сигнал F1 и вход I канала осциллоскопа ко входу 0 мультиплексора (вход первого канала связи), как это делалось в п.4.1. Вход II канала остается подключенным к контрольной точке КТ1 (к выходу мультиплексора). Проконтролировать появление соответствующих осциллограмм на экране осциллоскопа.

5.2. Не снимая установленного соединения, подключать контрольный сигнал F2 и вход I канала осциллоскопа ко входу 1 мультиплексора, как это делалось в п. 4.9.. Проконтролировать по осциллограмме появление на выходе мультиплексора отсчетных импульсов АИМ сигнала, соответствующего второму каналу связи, которые занимают временные интервалы в промежутке между двумя отсчетными импульсами, соответствующими первому каналу (вход 0 мультиплексора).

5.3. Не снимая установленного соединения, подключить контрольный сигнал F3 и вход I канала осциллографа ко входу 2 мультиплексора и выполнить операции, соответствующие пункту 5.2. Осциллограммы на выходе мультиплексора при выполнении последовательных подключений контрольных сигналов к его входам иллюстрируют процесс формирования группового сигнала, который передается по линии связи.

5.4. Выполнив все три коммутации (последний вход мультиплексора при этом остается свободным), зарисовать осциллограмму группового сигнала, наблюдаемую на выходе мультиплексора. Её следует разместить под предыдущими, сохранив выбранный временной масштаб и метки.

6. Проконтролировать процесс разделения каналов с амплитудно-импульсной модуляцией. Для этого подключить потенциальный штекер первого входа осциллоскопа к клемме КТЗ (ко входу демультиплексора), а потенциальный штекер второго входа - последовательно к его выходам 0, 1, 2, 3. При этом осциллограмма, наблюдаемая по первому каналу осциллоскопа соответствует групповому сигналу, а по второму - АИМ сигналу соответствующего канала.

7. Оценить качество восстановления аналогового сигнала. Для этого выполнить следующие операции.

7.1. Подключить выходы 0, 1, 2, 3 демультиплексора к соответствующим входам фильтров нижних частот.

7.2. Для контроля временных соотношений подключить вход I осциллографа ко входу 0 мультиплексора. При этом на экране наблюдается исходный аналоговый сигнал первого канала.

7.3. Подключить вход I осциллоскопа ко входу 0 мультиплексора, а вход II - к выходу ФНЧ1. При этом наблюдаются исходный и восстановленный аналоговые сигналы.

7.4. Зарисовать осциллограмму восстановленного сигнала, сохранив все временные соотношения, масштаб и временные метки. Отметить на ней временную задержку восстановленного сигнала относительно исходного.

7.5. Аналогичным образом, подключая входы I, II осциллоскопа ко входу и выходу второго и третьего каналов, зарисовать осциллограммы соответствующих восстановленных сигналов.

7.6. Сравнить по форме исходные сигналы и сигналы на выходах фильтров.

### ***Содержание отчета.***

Итогом работы является серия осциллограмм, снятых в контрольных точках системы связи. Их следует расположить друг под другом, сохранив порядок, в котором они снимались, временной масштаб и метки.

В отчете необходимо привести:

- цели работы;
- структурную схему той части установки, что применяется в работе, отметив на ней точки , в которых снимались осциллограммы;
- все снятые осциллограммы, расположенные таким образом, чтобы на них были отмечены все необходимые временные соотношения между исследуемыми сигналами;
- значения измеренных величин, с указанием единиц измерения;
- выводы по работе.