

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна

Должность: проректор по учебной работе

Дата подписания: 28.08.2024 02:29:41

Уникальный программный ключ:

0b817ca911e6668abb1345d426d39e51c11ea0b75e945d4a4851fda56d089

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
государственный
университет
О.Г. Локтионова
(ЮЗГУ)
2024



ИССЛЕДОВАНИЕ АМПЛИТУДНОЙ МОДУЛЯЦИИ

Методические указания по выполнению лабораторной работы для студентов заочного отделения, обучающихся по направлению подготовки 11.04.02 «Информационные технологии и системы связи» направленность «Проектирование устройств, систем и сетей телекоммуникаций» по дисциплине «Теория построения инфокоммуникационных сетей и систем»

Курск 2024

УДК 621.396

Составители: А.А. Гуламов, Д.С. Коптев

Рецензент:

Доктор технических наук, старший научный сотрудник,
Зав. кафедры КПиСС *В.Г. Андронов*

Исследование амплитудной модуляции: методические указания по выполнению лабораторной работы для студентов направления подготовки 11.04.02 направленность направленность «Проектирование устройств, систем и сетей телекоммуникаций»/ Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: А.А. Гуламов, Д.С. Коптев. – Курск, 2024. – 34 с.: илл. 13.

Методические указания по выполнению лабораторной работы содержат все необходимые теоретические сведения для изучения амплитудно – модулированных сигналов, а также требования к оформлению отчёта по выполнению лабораторной работы и список контрольных вопросов для самопроверки изучаемого материала.

Методические указания соответствуют учебному плану обучающихся по направлению подготовки 11.04.02 «Информационные технологии и системы связи» направленность «Проектирование устройств, систем и сетей телекоммуникаций» по дисциплине «Теория построения инфокоммуникационных сетей и систем».

Предназначены для студентов заочного отделения, обучающихся по направлению подготовки 11.04.02 «Информационные технологии и системы связи» направленность «Проектирование устройств, систем и сетей телекоммуникаций» по дисциплине «Теория построения инфокоммуникационных сетей и систем».

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать *20.08.24*. Формат 60x841/16.

Усл. печ. л. 1,97. Уч.-изд. л. 1,79. Тираж 100 экз. Заказ. *448*. Бесплатно

Юго-Западный государственный университет.

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

Содержание

Инструкция по технике безопасности	- 4
1. Цель работы	- 9
2. Основные теоретические сведения	- 9
3 Амплитудная модуляция	- 10
3.1 Однотональная амплитудная модуляция	- 10
3.2 Амплитудная модуляция с подавленной несущей	- 17
3.3 Однополосная модуляция	- 18
4 Содержание работы и порядок выполнения	- 22
5 Требования к оформлению отчёта по выполнению лабораторной работы	- 25
6 Контрольные вопросы	- 27
Заключение	- 28
Приложение А Форма титульного листа отчета обучающегося о выполняемой лабораторной работе	- 34

ИНСТРУКЦИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

Общие положения

Настоящая инструкция предназначена для студентов и работников, выполняющих работы на персональном компьютере и на сетевом оборудовании (коммутаторы, маршрутизаторы, межсетевые экраны и т.д.).

К выполнению работ допускаются лица:

- не моложе 16 лет;
- прошедшие медицинский осмотр;
- прошедшие вводный инструктаж по охране труда, а также инструктаж по охране труда на рабочем месте;
- прошедшие обучение безопасным приемам труда на рабочем месте по выполняемой работе.

Работник обязан:

- выполнять правила внутреннего трудового распорядка, установленные в положениях и инструкциях, утвержденных ректором ЮЗГУ, или его заместителями;
- выполнять требования настоящей инструкции;
- сообщать руководителю работ о неисправностях, при которых невозможно безопасное производство работ;
- не допускать присутствия на рабочем месте посторонних лиц;
- уметь оказывать первую помощь и при необходимости оказывать ее пострадавшим при несчастных случаях на производстве, по возможности сохранив обстановку на месте происшествия без изменения и сообщив о случившемся руководителю;
- выполнять требования противопожарной безопасности не разводиться открытый огонь без специального на то разрешения руководителя работ;
- периодически проходить медицинский осмотр в сроки, предусмотренные для данной профессии.

Работник должен знать опасные и вредные производственные факторы, присутствующие на данном рабочем месте:

- возможность травмирования электрическим током при отсутствии или неисправности заземляющих устройств;

- вредное воздействие монитора компьютера при его неправильной установке или неисправности;
- возможность возникновения заболеваний при неправильном расположении монитора, клавиатуры, стула и стола;
- вредное воздействие паров, газов и аэрозолей, выделяющихся при работе копировальной и печатающей оргтехники в непроветриваемых помещениях.

Работник при выполнении любой работы должен обладать здоровым чувством опасности и руководствоваться здравым смыслом. При отсутствии данных качеств он к самостоятельной работе не допускается.

Требования охраны труда перед началом работы

Перед началом работы работник обязан:

- получить от руководителя работ инструктаж о безопасных методах, приемах и последовательности выполнения производственного задания;
- привести в порядок одежду, застегнуть на все пуговицы, чтобы не было свисающих концов, уложить волосы, чтобы они не закрывали лицо и глаза;
- привести рабочее место в безопасное состояние;
- запрещается носить обувь на чрезмерно высоких каблуках;

Перед включением компьютера или сетевого оборудования убедиться в исправности электрических проводов, штепсельных вилок и розеток. Вилки и розетки должны соответствовать Евро-стандарту. Отличительной особенностью этих вилок и розеток является наличие третьего провода, обеспечивающего заземление компьютера или другого прибора. При отсутствии третьего заземляющего провода заземление должно быть выполнено обычным способом с применением заземляющего проводника и контура заземления;

Убедиться, что корпус включаемого оборудования не поврежден, что на нем не находятся предметы, бумага и т.п. Вентиляционные отверстия в корпусе включаемого оборудования не должны быть закрыты занавесками, завалены бумагой, заклеены липкой лентой или перекрыты каким-либо другим способом.

Требования охраны труда во время работы

Запрещается во время работы пить какие-либо напитки, принимать пищу;

Запрещается ставить на рабочий стол любые жидкости в любой таре (упаковке или в чашках);

Помещения для эксплуатации компьютеров, сетевого оборудования должны иметь естественное и искусственное освещение, естественную вентиляцию и соответствовать требованиям действующих норм и правил. Запрещается размещать рабочие места вблизи силовых электрических кабелей и вводов трансформаторов, технологического оборудования, создающего помехи в работе и отрицательно влияющие на здоровье операторов;

Окна в помещениях, где установлены компьютеры должны быть ориентированы на север и северо-восток. Оконные проемы оборудуются регулируемыми устройствами типа жалюзи или занавесками;

Площадь на одно рабочее место пользователей компьютера должна составлять не менее 6 м^2 при рядном и центральном расположении, при расположении по периметру помещения – 4 м^2 . При использовании компьютера без вспомогательных устройств (принтер, сканер и т.п.) с продолжительностью работы менее четырех часов в день допускается минимальная площадь на одно рабочее место 5 м^2 ;

Полимерные материалы, используемые для внутренней отделки интерьера помещений с ПК, должны подвергаться санитарно-эпидемиологической экспертизе. Поверхность пола должна обладать антистатическими свойствами, быть ровной. В помещениях ежедневно проводится влажная уборка. Запрещается использование удлинителей, фильтров, тройников и т.п., не имеющих специальных заземляющих контактов;

Экран видеомонитора должен находиться от глаз оператора на расстоянии 600-700 мм, минимально допустимое расстояние 500 мм;

Продолжительность непрерывной работы с ПК должна быть не более 2 часов.

Требования охраны труда по окончании работы

По окончании работы работник обязан выполнить следующее:

- привести в порядок рабочее место;
- убрать инструмент и приспособления в специально отведенные для него места хранения;
- обо всех замеченных неисправностях и отклонениях от нормального состояния сообщить руководителю работ;
- привести рабочее место в соответствие с требованиями пожарной безопасности.

Действие при аварии, пожаре, травме

В случае возникновения аварии или ситуации, в которой возможно возникновение аварии немедленно прекратить работу, предпринять меры к собственной безопасности и безопасности других рабочих, сообщить о случившемся руководителю работ.

В случае возникновения пожара немедленно прекратить работу, сообщить в пожарную часть по телефону 01, своему руководителю работ и приступить к тушению огня имеющимися средствами.

В случае получения травмы обратиться в медпункт, сохранить по возможности место травмирования в том состоянии, в котором оно было на момент травмирования, доложить своему руководителю работ лично или через товарищей по работе.

Ответственность за нарушение инструкции

Каждый работник ЮЗГУ в зависимости от тяжести последствий несет дисциплинарную, административную или уголовную ответственность за несоблюдение настоящей инструкции, а также прочих положений и инструкций, утвержденных ректором ЮЗГУ или его заместителями.

Руководители подразделений, заведующий кафедрой, начальники отделов и служб несут ответственность за действия своих подчиненных, которые привели или могли привести к авариям и травмам согласно действующему в РФ законодательству в зависи-

мости от тяжести последствий в дисциплинарном, административном или уголовном порядке.

Администрация ЮЗГУ вправе взыскать с виновных убытки, понесенные предприятием в результате ликвидации аварии, при возмещении ущерба работникам по временной или постоянной утрате трудоспособности в соответствии с действующим законодательством.

1 Цель работы

Изучение методов моделирования электронных устройств с помощью программы Multisim, исследование метода амплитудной модуляции (АМ) при передаче непрерывных сообщений, получение осциллограмм и спектрограмм АМ сигнала с различными коэффициентами и частотами модуляции.

2 Основные теоретические сведения

Для эффективного использования каналов связи широко используется метод частотного разделения каналов, в котором спектры исходных низкочастотных сигналов переносятся в неперекрывающиеся полосы частот. Обычно при этом передаваемый сигнал становится узкополосным, т. е. эффективная ширина спектра намного меньше его центральной частоты:

$$\Delta f \ll f_0$$

Такой сигнал формируется с помощью модуляции, т. е. формируется несущее колебание (чаще всего гармоническое), и какой-либо из параметров этого колебания изменяется пропорционально исходному модулирующему сигналу. Полученный сигнал называется модулированным сигналом. Обратный процесс – восстановление исходного сигнала – называется демодуляцией.

В общем виде гармонический сигнал можно записать в виде:

$$s(t) = A \cos(\omega_0 t + \varphi_0).$$

Любой из трех параметров этого сигнала: амплитуду A , частоту ω_0 , начальную фазу φ_0 можно связать с модулирующим сигналом и получить при этом три основных вида модуляции: амплитудную, частотную и фазовую. Частотную и фазовую модуляцию часто объединяют под общим названием – угловая модуляция.

3 Амплитудная модуляция

3.1 Однотональная амплитудная модуляция

Рассмотрим простой частный случай *однотональной* амплитудной модуляции. Модулирующий сигнал является гармонической функцией:

$$s_M(t) = A_M \cos(\Omega_0 t + \varphi_0).$$

Модулированный сигнал:

$$s_{AM}(t) = (A_0 + A_M \cos(\Omega t + \varphi_0)) \cos(\omega_0 t + \varphi_0).$$

Необходимость в дополнительном слагаемом A_0 вызвана тем обстоятельством, что при простом умножении несущей на знакопеременный модулирующий сигнал, огибающая модулированного сигнала будет соответствовать модулю сигнала, а не его амплитуде. Величина A_0 должна быть всегда больше A_M . Амплитудную модуляцию можно представить как умножение несущей на модулирующий сигнал с добавленной постоянной составляющей.

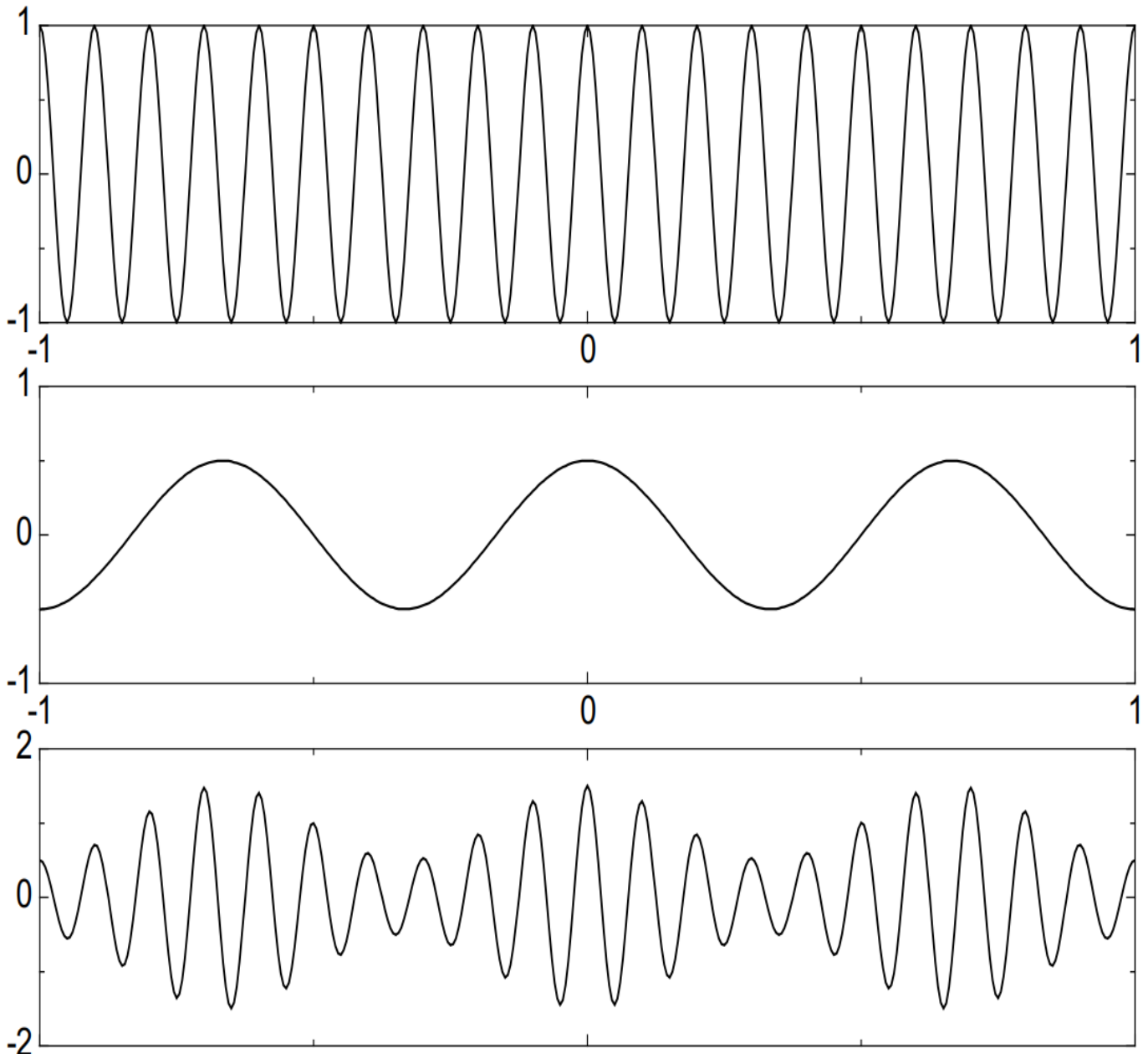


Рисунок 1 – Несущая частота (сверху), модулирующий сигнал (в центре), модулированный сигнал (снизу)

Отношение между амплитудами модулирующего сигнала A_M и несущего колебания A_0 называется **глубиной (коэффициентом) модуляции**:

$$m = \frac{A_M}{A_0}.$$

Максимальное и минимальное значение огибающей однонального АМ сигнала равны:

$$A_{\max} = A_0(1 + m),$$

$$A_{\min} = A_0(1 - m).$$

Отсюда следует формула, позволяющая по результатам измерений максимальной и минимальной амплитуды сигнала вычислить глубину модуляции:

$$m = \frac{A_{\max} - A_{\min}}{A_{\max} + A_{\min}}.$$

При $m > 1$ имеет место перемодуляция.

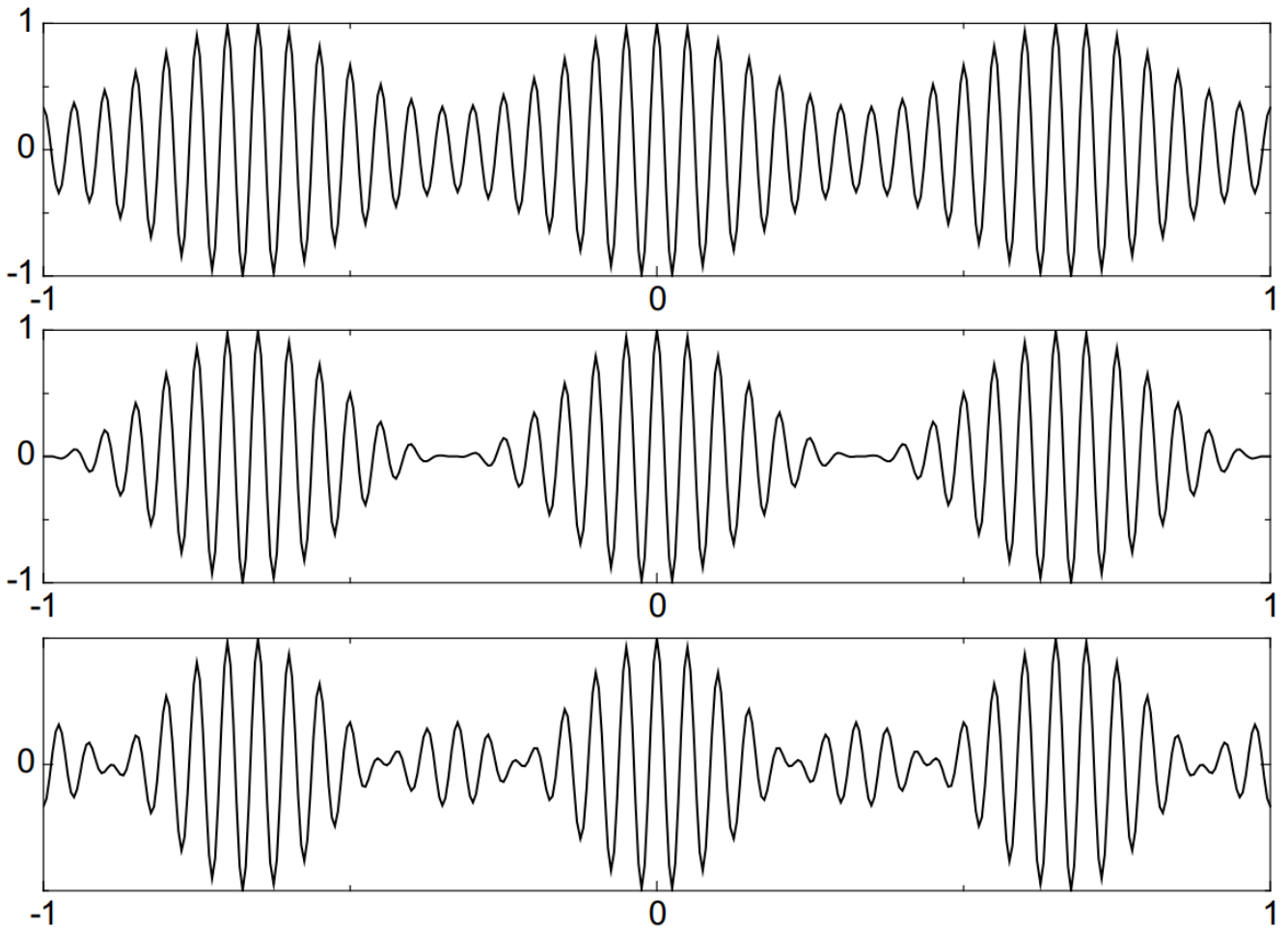


Рисунок 2 – Однотональный АМ сигнал: $m = 0,5$ (сверху), $m = 1$ (в центре), $m = 2$ (снизу)

Сделав тригонометрические преобразования, можно представить АМ сигнал в виде:

$$s_{AM}(t) = A_0 \cos(\omega_0 t + \varphi_0) + \frac{A_0 m}{2} \cos((\omega_0 + \Omega)t + \varphi_0 + \Phi_0) + \frac{A_0 m}{2} \cos((\omega_0 - \Omega)t + \varphi_0 - \Phi_0)$$

Из этой формулы видно, что спектр однотонового АМ сигнала состоит из трёх компонент. Несущее колебание с частотой ω_0 и амплитудой A_0 не зависит от модулирующего колебания. Две боковые частоты с амплитудой $\frac{A_0 m}{2}$ смещены вверх и вниз на величину Ω . Для верхней боковой частоты начальные фазы несущей и модулирующего сигнала складываются, а для нижней – вычитаются.

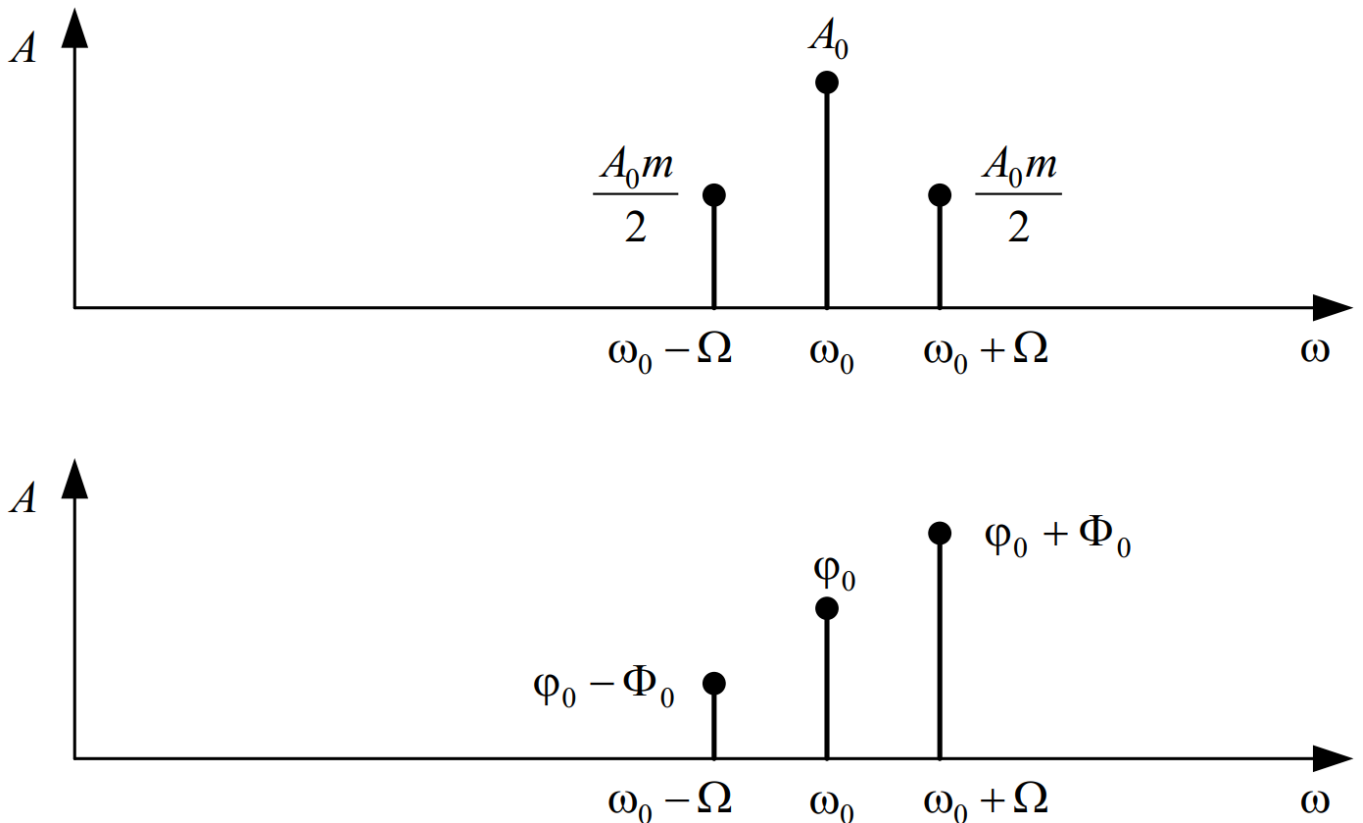


Рисунок 3 – Амплитудный (сверху) и фазовый (снизу) спектры однотонового АМ сигнала

Пиковая мощность ортогонального АМ сигнала составляет:

$$P_{\max} = A_0^2(1 + m)^2.$$

Средняя мощность АМ сигнала вычисляется через предельный переход:

$$P_{cp} = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} s^2(t) dt = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} (A_0(1 + m \cos(\Omega t + \Phi_0))) \cos(\omega_0 t + \varphi_0))^2 dt = \frac{A_0^2}{2} + \frac{A_0^2 m^2}{4}.$$

Первое слагаемое не зависит от коэффициента модуляции и представляет собой мощность немодулированной несущей. Полез-

ная мощность, заключенная в боковых частотах, представлена вторым слагаемым.

Коэффициент полезного действия (КПД) амплитудной модуляции определяется как отношение мощности боковых частот к общей средней мощности:

$$\eta_{AM} = \frac{\frac{A_0^2 m^2}{4}}{A_0^2 \left(\frac{1}{2} + \frac{m^2}{4} \right)} = \frac{m^2}{m^2 + 2}.$$

Как видно из этой формулы, даже при максимальном коэффициенте модуляции ($m=1$) КПД составляет лишь 33 %, т. е., две трети мощности тратится на передачу бесполезной в информационном отношении несущей.

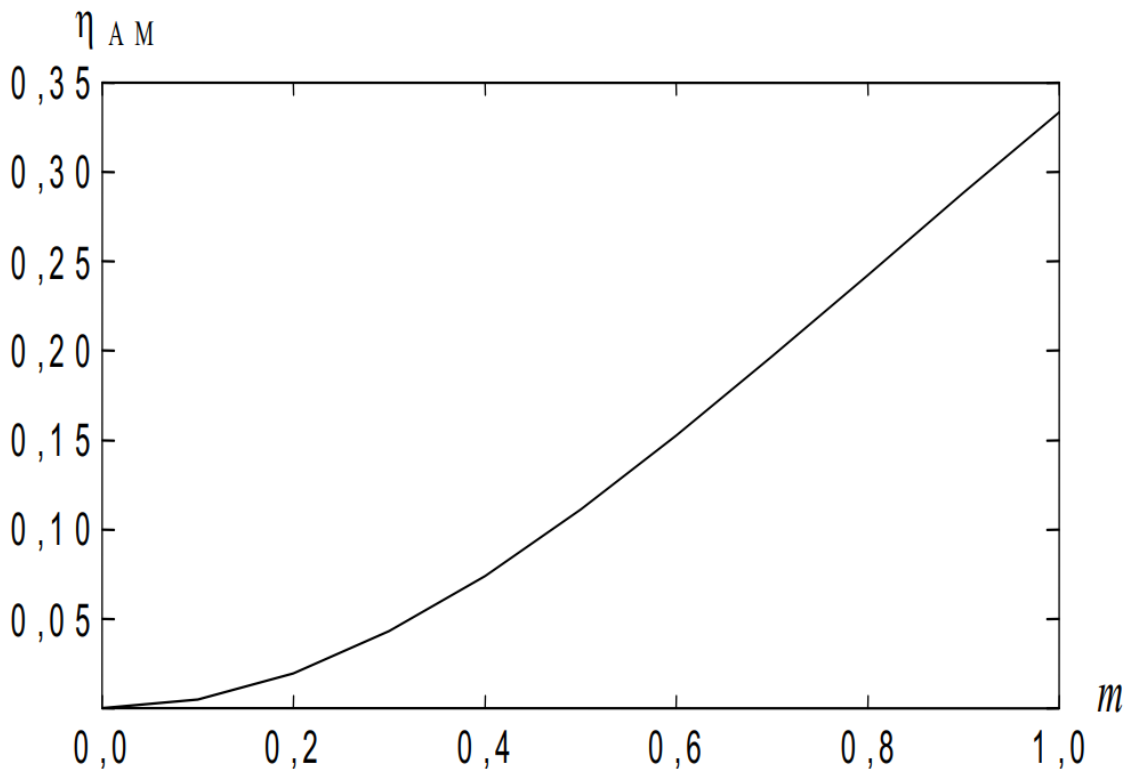


Рисунок 4 – Зависимость КПД от коэффициента амплитудной модуляции

Демодуляция АМ сигнала в простейшем случае осуществляется с помощью *амплитудного детектора*. В случае однополупериодного детектора на выход детектора проходят импульсы одной полярности. В случае двухполупериодного детектора на выходе детектора получается модуль АМ сигнала. Далее импульсы пропускаются через *фильтр низкой частоты* (ФНЧ) для сглаживания.

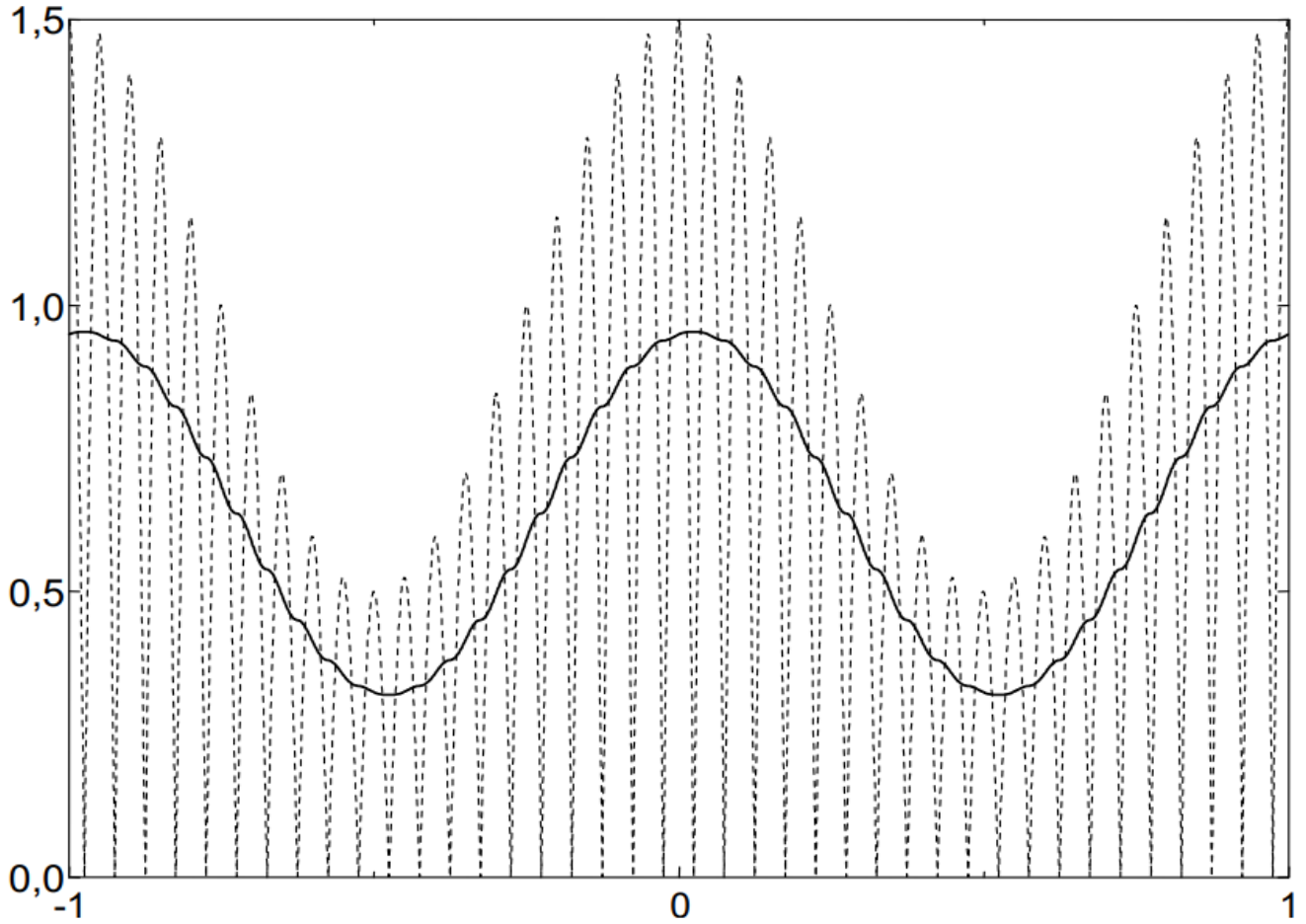


Рисунок 5 – Двухполупериодное детектирование АМ сигнала: модуль сигнала (пунктир), результат после ФНЧ (сплошная линия)

Очевидно, что данный способ детектирования не будет правильно работать в случае перемодуляции. Более совершенный способ – *синхронное детектирование*, суть которого состоит в умножении сигнала на опорное колебание с несущей частотой:

$$y(t) = s_{AM}(t) \cos(\omega_0 t + \varphi_0) = A(t) \cos^2(\omega_0 t + \varphi_0) = \frac{1}{2} A(t) + \frac{1}{2} \cos(2\omega_0 t + 2\varphi_0).$$

Результат умножения содержит два слагаемых. Первое – это искомая амплитудная функция, второе – АМ сигнал с несущей частотой $2\omega_0$. Этот высокочастотный сигнал удаляется путем пропускания через ФНЧ.

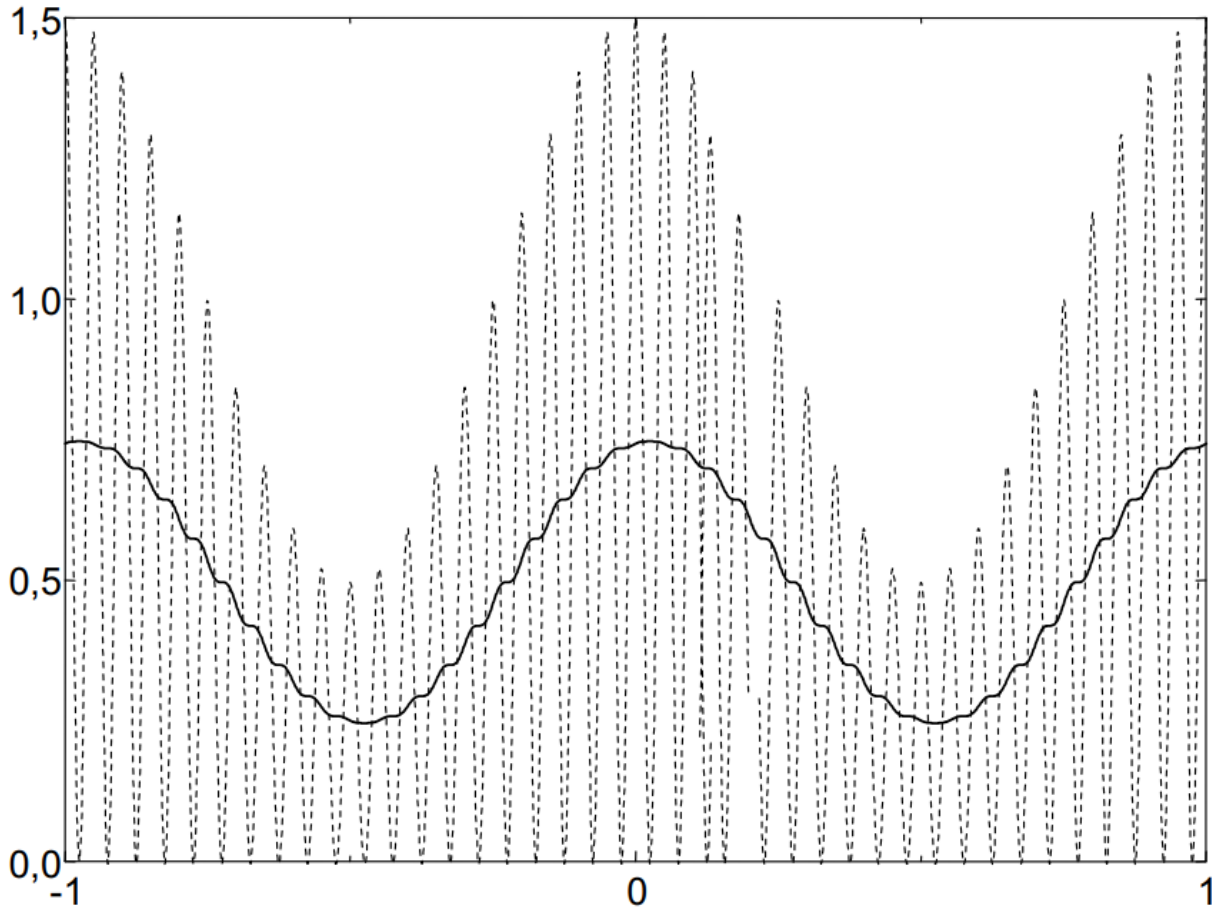


Рисунок 6 – Синхронное детектирование АМ сигнала: умножение на опорное колебание (пунктир), результат после ФНЧ (сплошная линия)

В синхронном детекторе необходимо очень точное совпадение начальных фаз и частот опорного колебания и несущего колебания.

При совпадении частот, но несовпадении начальных фаз выходной низкочастотный сигнал оказывается умноженным на косинус фазовой ошибки:

$$\begin{aligned}
 y(t) &= s_{AM}(t) \cos(\omega_0 t + \varphi) = A(t) \cos(\omega_0 t + \varphi_0) \cos(\omega_0 t + \varphi) = \\
 &= \frac{1}{2} A(t) \cos(\varphi - \varphi_0) + \frac{1}{2} A(t) \cos(2\omega_0 t + \varphi + \varphi_0)
 \end{aligned}$$

При наличии фазовой ошибки уровень полезного сигнала на выходе демодулятора падает, а при ошибке равной 90° , становится равным нулю. При наличии частотного сдвига между несущим и опорным колебанием ситуация становится еще хуже – выходной низкочастотный сигнал оказывается умноженным на гармоническое колебание с разностной частотой:

$$\begin{aligned} y(t) &= s_{AM}(t) \cos((\omega_0 + \Delta\omega)t) = A(t) \cos(\omega_0 t + \varphi_0) \cos((\omega_0 + \Delta\omega)t) = \\ &= \frac{1}{2} A(t) \cos(\Delta\omega t - \varphi_0) + \frac{1}{2} A(t) \cos((2\omega_0 + \Delta\omega)t + \varphi_0). \end{aligned}$$

В результате выходной сигнал будет пульсировать с частотой $\Delta\omega$. Это явление называется биениями, а разность частот $\Delta\omega$ – частотой биений.

Для поддержания частотной и фазовой синхронизации между несущим и опорным колебаниями используют следующие системы фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ).

Достоинством синхронного детектирования является то, что оно позволяет правильно демодулировать сигнал даже в случае перемодуляции.

3.2 Амплитудная модуляция с подавленной несущей

Для повышения КПД амплитудной модуляции можно удалить бесполезное несущее колебание. Такой способ называется АМ с подавленной несущей частотой (АМ-ПН):

$$s(t) = s_M(t) \cos(\omega_0 t + \varphi_0).$$

Энергетический выигрыш очень большой (теоретический КПД равен 100%). Ширина спектра такая же, как и в случае обычной АМ, т.к. подавлена средняя частота, а боковые частоты остались на месте.

Демодуляция АМ с подавленной несущей частотой осуществляется с помощью синхронного детектора. Для облегчения задачи синхронизации частоты и фазы опорного колебания несущую частоту подавляют не полностью.

3.3 Однополосная модуляция

АМ с подавленной несущей частотой имеет преимущества по сравнению обычной АМ только в энергетическом смысле. Ширина спектра при этом остается равной удвоенной частоте модулирующего сигнала.

Легко заметить, что спектры боковых полос АМ сигнала являются зеркальным отражением друг друга, т.е. они несут одинаковую информацию. Поэтому одну из боковых полос можно удалить. Получившаяся модуляция называется однополосной (английский термин – single side band, SSB). В зависимости от того, какая полоса передается, различают однополосный сигнал с верхней или нижней боковой полосой.

Модулятор однополосного сигнала гораздо сложнее обычного амплитудного модулятора. Сложность заключается в том, что необходимо сформировать из исходного модулирующего сигнала его квадратурное дополнение. С частотной точки зрения это означает, что каждой компоненте спектра исходного сигнала соответствует компонента в квадратурном до-полнении с такой же амплитудой и сдвигом по фазе на 90° . Иными словами, каждому косинусу в исходном сигнале соответствует синус в квадратурном дополнении.

К сожалению, не существует идеального квадратурного фазовращателя. Многочисленные схемы, описанные в литературе, дают приемлемую точность фазовой характеристики в определенном диапазоне частот.

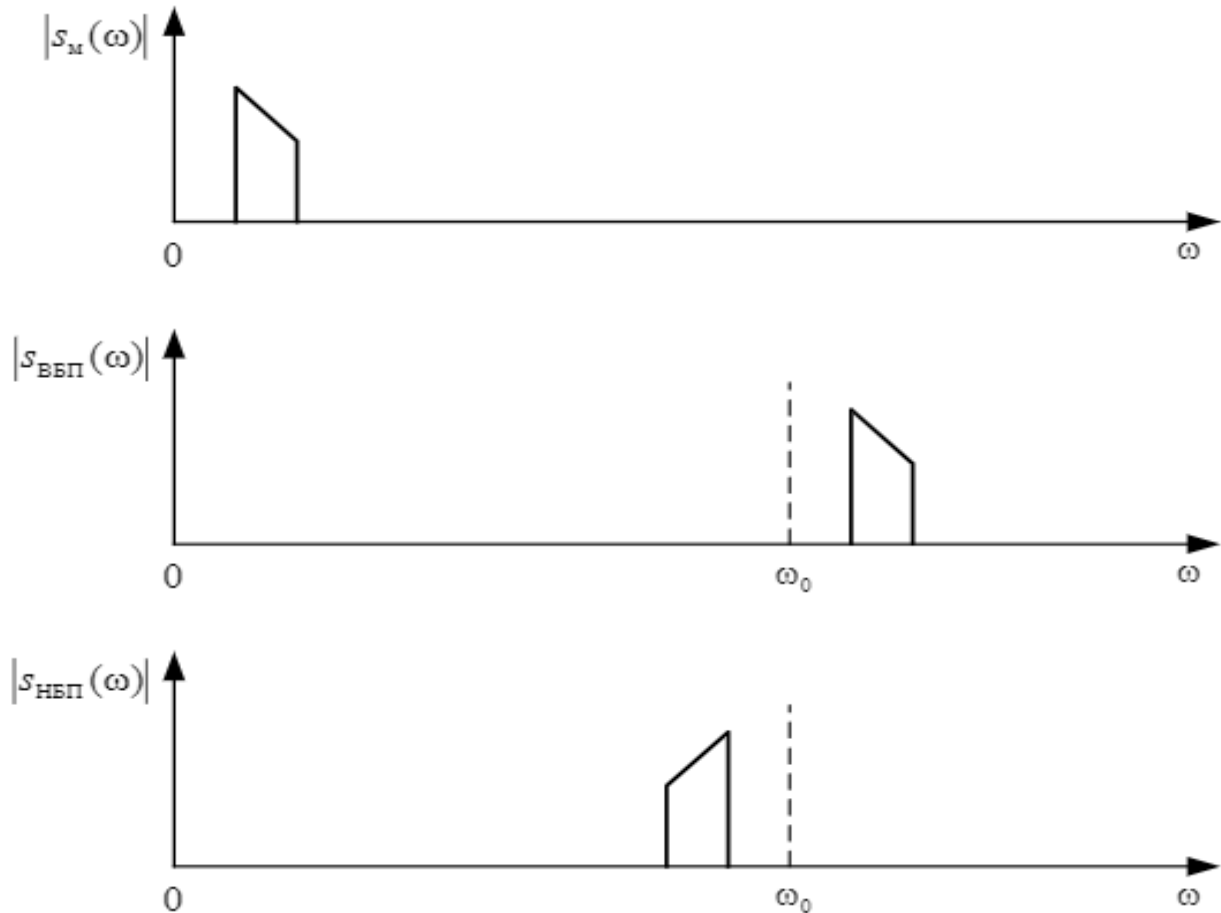


Рисунок 7 – Однополосная модуляция: спектр модулирующего сигнала (сверху), спектр однополосного сигнала с верхней боковой полосой (в центре), спектр однополосного сигнала с нижней боковой полосой (снизу)

Пара квадратурных модулирующих сигналов подается на пару умножителей. На вход несущей частоты первого умножителя подается прямой сигнал, на второй умножитель подается сдвинутый на 90° . В зависимости от того вычитаются или суммируются сигналы с выходов умножителей, получается верхняя или нижняя боковая полоса:

$$s_{ВБП}(t) = s(t) \cos \omega_0 t - s_{\perp}(t) \sin \omega_0 t = \cos(\omega_0 + \Omega)t$$

$$s_{НБП}(t) = s(t) \cos \omega_0 t + s_{\perp}(t) \sin \omega_0 t = \cos(\omega_0 - \Omega)t$$

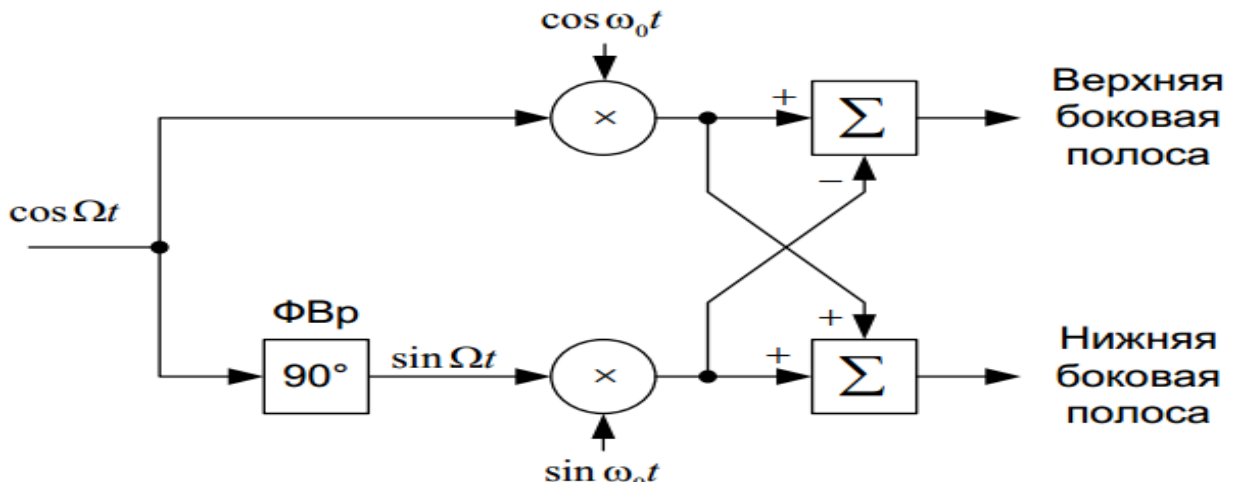


Рисунок 8 – Структурная схема формирователя однополосного сигнала

Амплитудная огибающая однополосного сигнала не похожа на модулирующий низкочастотный сигнал. Для того чтобы убедиться в этом, возьмем в качестве модулирующего сигнала, состоящий из суммы двух гармонических сигналов.

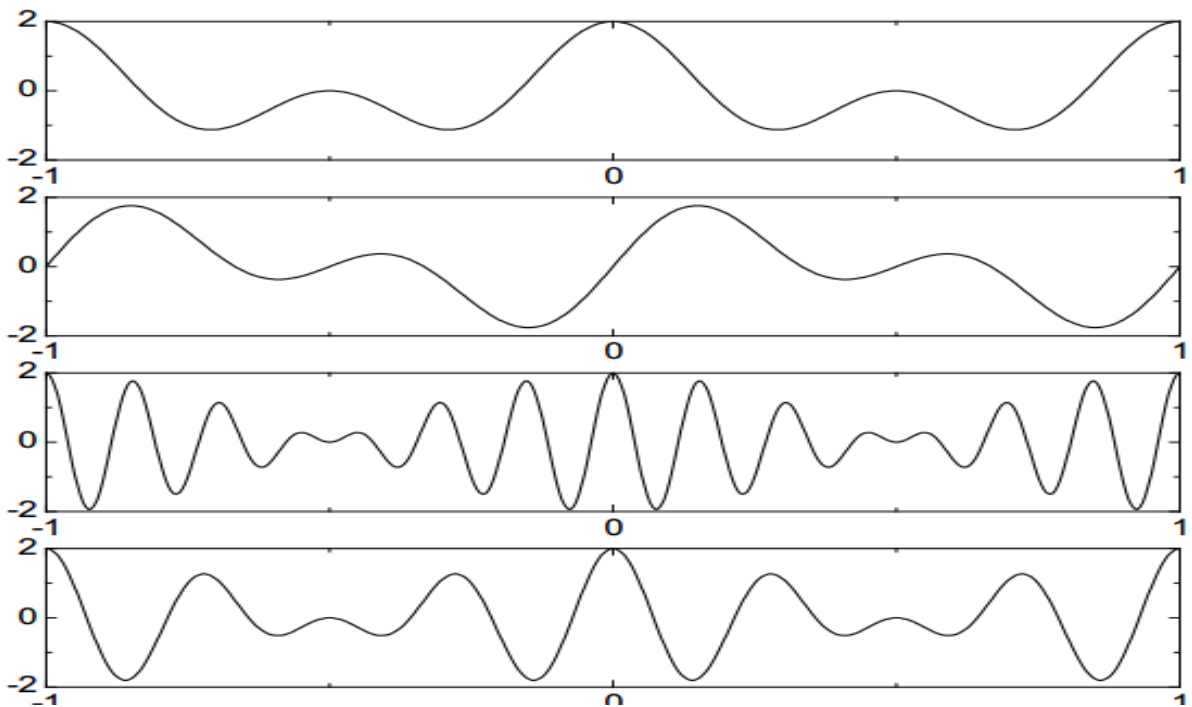


Рисунок 9 – Однополосная модуляция: модулирующий сигнал (первый сверху), квадратурное дополнение модулирующего сигнала (второй сверху), сигнал верхней боковой полосы (третий сверху), сигнал нижней боковой полосы (снизу)

Однополосная модуляция находит широкое применение в технике профессиональной радиосвязи. Демодуляция однополосного сигнала возможна методом синхронного детектирования:

$$\begin{aligned} y(t) &= s_{SSB}(t) \cos \omega_0 t = (x(t) \cos \omega_0 t \pm x_{\perp}(t) \sin \omega_0 t) \cos \omega_0 t = \\ &= \frac{1}{2} x(t) + \frac{1}{2} x(t) \cos 2\omega_0 t \pm \frac{1}{2} x_{\perp}(t) \sin 2\omega_0 t. \end{aligned}$$

Результат умножения содержит два слагаемых. Первое – модулирующий сигнал, второе – однополосный сигнал на удвоенной несущей частоте.

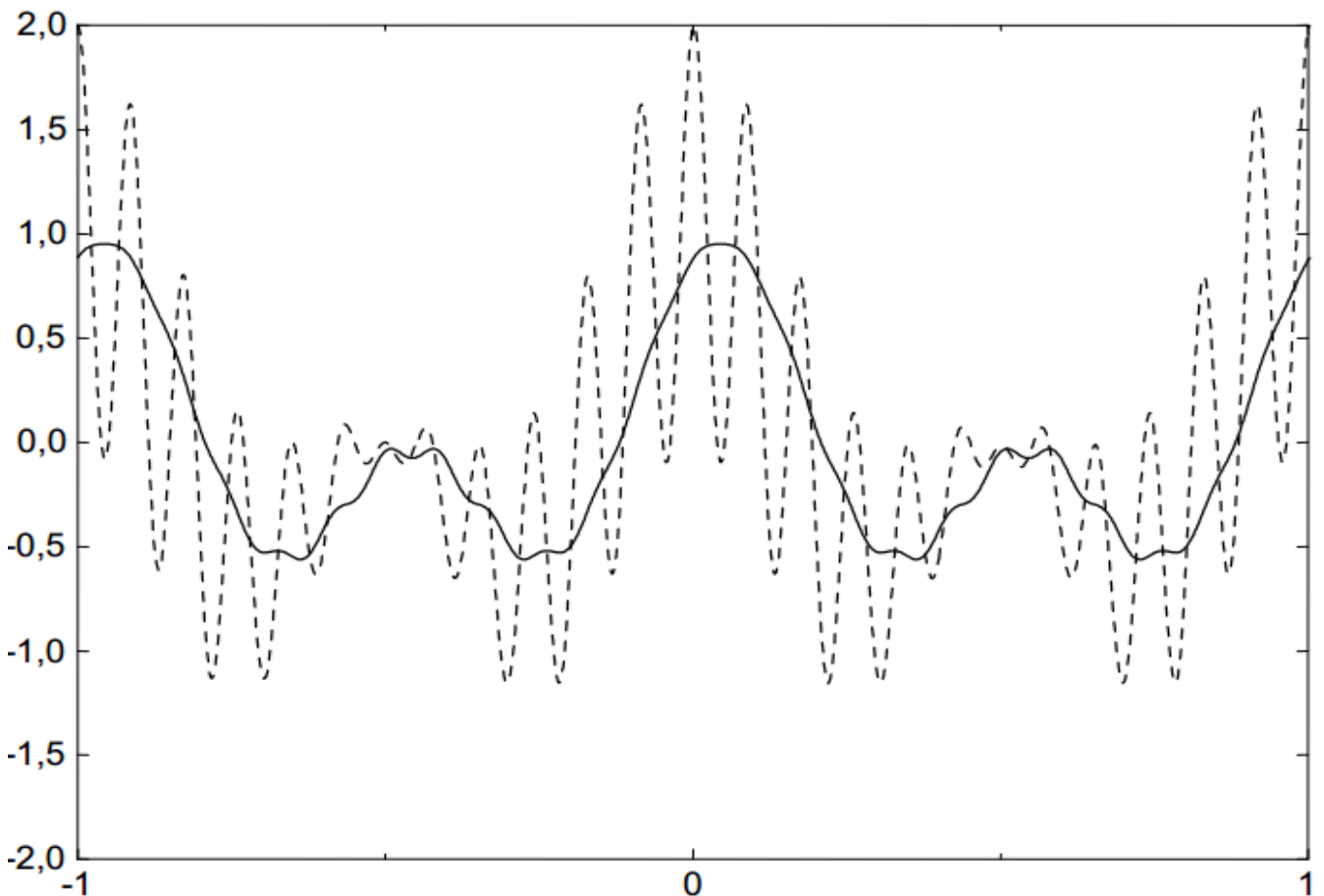


Рисунок 10 – Демодуляция однополосного сигнала: результат умножения на несущее колебание (пунктир), отфильтрованный сигнал (сплошная линия)

Искажения, возникающие при наличии фазового или частотного сдвига опорного колебания, проявляются не так, как в случае демодуляции АМ. В случае фазового сдвига опорного сигнала:

$$\begin{aligned}
 y(t) &= s_{SSB}(t) \cos(\omega_0 t + \varphi) = (x(t) \cos \omega_0 t \pm x_{\perp}(t) \sin \omega_0 t) \cos(\omega_0 t + \varphi) = \\
 &= \frac{1}{2} (x(t) \cos \varphi \pm x_{\perp}(t) \sin \varphi) + \frac{1}{2} (x(t) \cos(2\omega_0 t + \varphi) \pm x_{\perp}(t) \sin(2\omega_0 t + \varphi)).
 \end{aligned}$$

Низкочастотная составляющая представляет собой линейную комбинацию сигнала и его квадратурного дополнения. Со спектральной точки зрения это означает фазовый сдвиг всех частотных компонент на угол φ .

Форма сигнала при этом, конечно же, искажается. Приемлемы эти искажения или нет, зависит от характера передаваемого сигнала. Например, человеческое ухо не чувствительно к фазовым искажениям, поэтому в речевом сигнале искажения такого рода будут незаметны.

В случае частотного сдвига опорного колебания:

$$\begin{aligned}
 y(t) &= s_{SSB}(t) \cos(\omega_0 + \Delta\omega)t = \frac{1}{2} (x(t) \cos \Delta\omega t \pm x_{\perp}(t) \sin \Delta\omega t) + \\
 &+ \frac{1}{2} (x(t) \cos(2\omega_0 + \Delta\omega)t \pm x_{\perp}(t) \sin(2\omega_0 + \Delta\omega)t).
 \end{aligned}$$

Низкочастотная составляющая представляет собой однополосный сигнал с несущей частотой $\Delta\omega$. С частотной точки зрения это означает сдвиг спектра на $\Delta\omega$. Это более серьезные искажения, которые приводят изменению тембра передаваемой речи. Иногда такие искажения используются преднамеренно, например, когда из мужского голоса нужно сделать детский.

4 Содержание работы и порядок выполнения

Собрать экспериментальную установку для исследования АМ сигналов, изображенную на рисунке 11.



Рисунок 11 – Схема экспериментальной установки
 V1 – амплитудный модулятор, XSA1 – анализатор спектра,
 XSC1 – осциллограф

Для настройки амплитудного модулятора необходимо произвести двойной щелчок левой кнопкой мыши по функциональному блоку V1. Появляется диалоговое окно AM_VOLTAGE параметров амплитудного модулятора (рисунок 12).

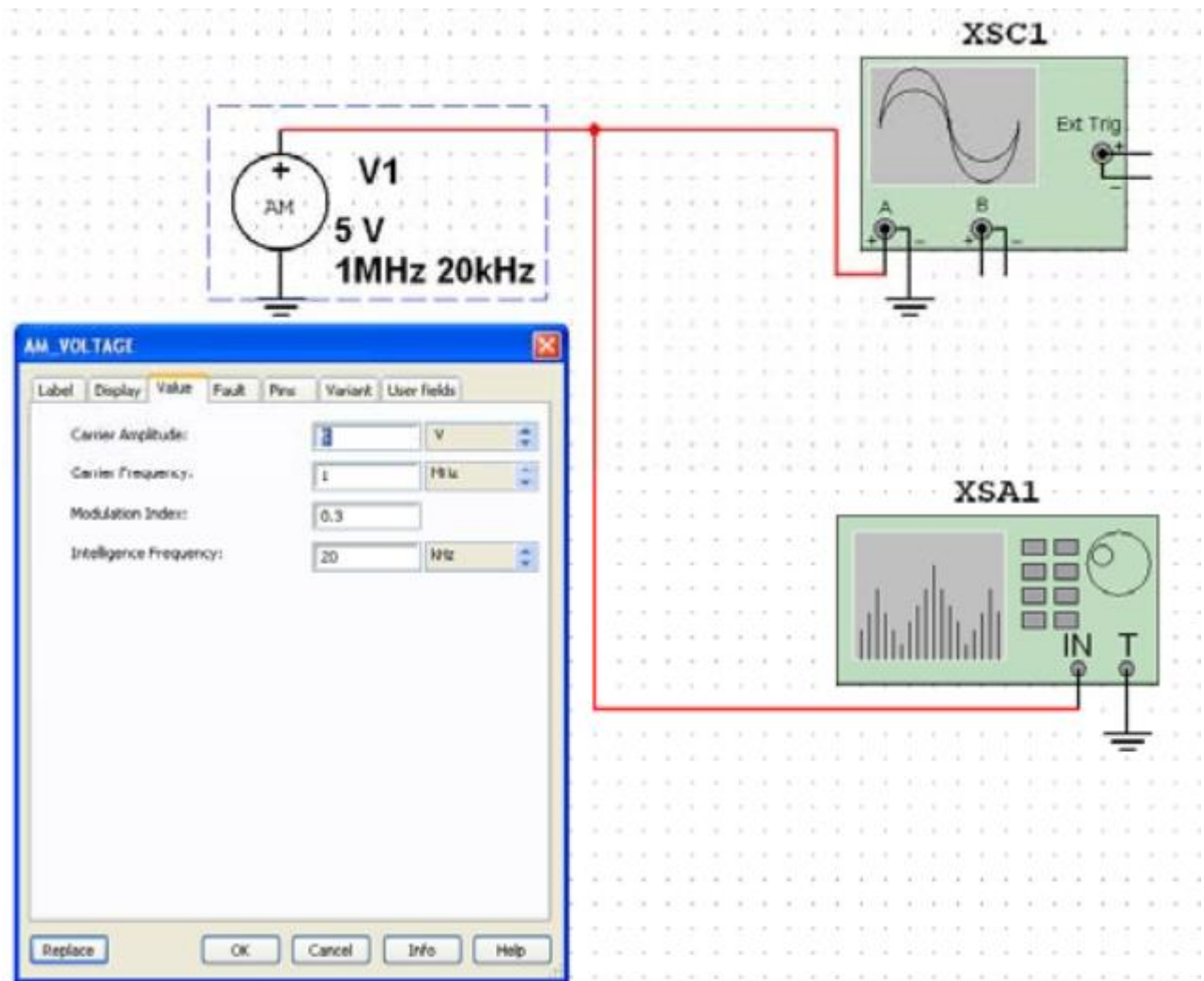


Рисунок 12 – Ввод параметров АМ напряжения

В появившемся окне панели AM_VOLTAGE во вкладке Value (Величина) ввести параметры АМ напряжения:

- амплитуда несущего колебания (CarrierAmplitude)
 $v_C = 5V$ ($U_0 = 5B$);
- частота несущего колебания (CarrierFrequency)
 $f_C = 100kHz$ ($f_0 = 100kHz$);
- коэффициент модуляции (ModulationIndex) $m = 0,3$;
- частота модуляции (Intelligence Frequency) $F_M = 20$ kHz ($F_M = 20$ кГц) колебания, имитирующего низкочастотный модулирующий сигнал.

Установите элементы регулировки анализатора спектра в положения (рисунок 13):

Диапазон частот (Span): 80 kHz.

Начало (Start): 960 kHz.

Граница (End): 1,04 MHz.

Чувствительность (Range): 1 V/Div (В/дел).

Разрешение (Resolution freq): 200 Hz.

Вкладка Set: число точек разложения БПФ (FFTpoints): 8192.

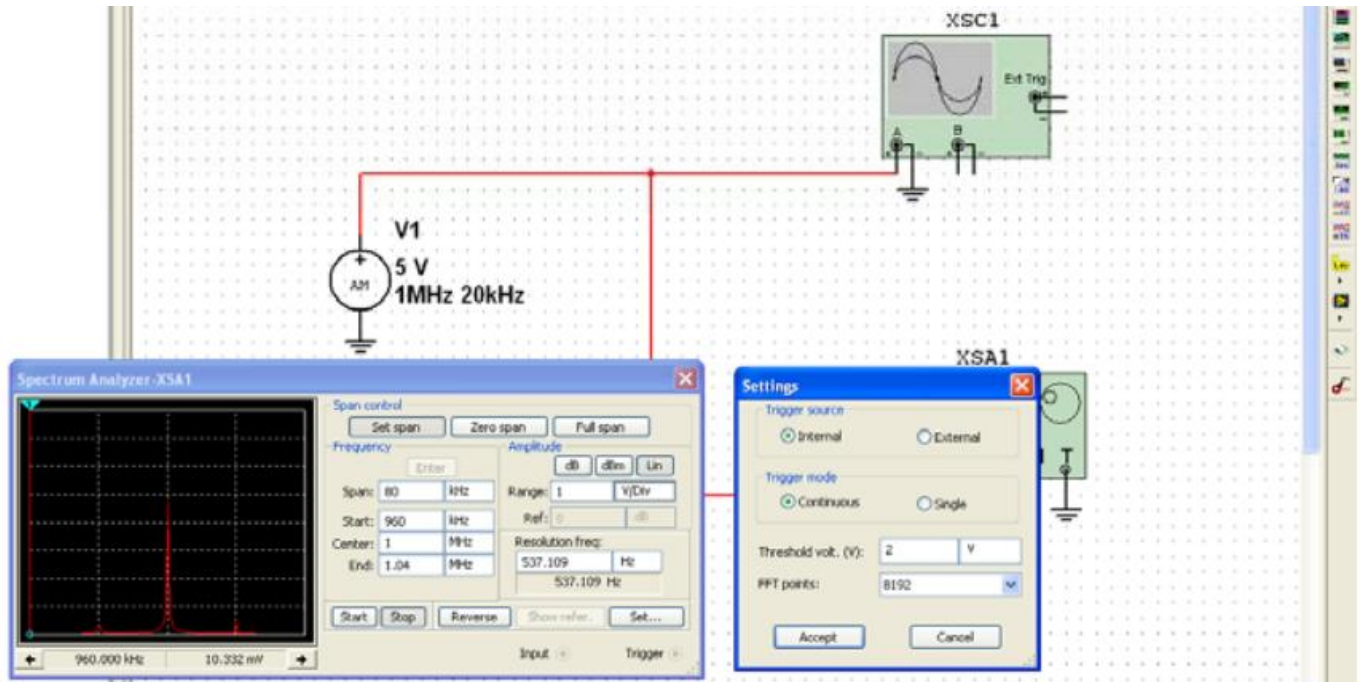


Рисунок 13 – Ввод параметров анализатора спектра

Зафиксируйте форму и спектр сигнала в соответствующем разделе отчета. Сделайте вывод о форме полученного АМ сигнала и его спектре.

Повторите машинный эксперимент при других коэффициентах и частотах модуляции ($m = 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1; 1,2$ и $F_M=40$ кГц; $F_M=70$ кГц). Полученные графики занесите в соответствующий раздел отчета.

Сделайте вывод о форме АМ сигнала и его спектре. Сравните полученные АМ сигналы с аналогичными кривыми, полученными в предварительном расчете.

5 Требования к оформлению отчёта по выполнению лабораторной работы

Отчёт должен быть оформлен с помощью редактора MS Word, версии 97 и выше (.doc, .rtf).

Параметры страницы:

- верхнее поле- 2 см;
- нижнее поле- 2 см;
- левое поле- 2 см;
- правое поле- 1 см;
- переплет- 0 см;
- размер бумаги А4;
- различать колонтитулы первой страницы.

Шрифт текста: Times New Roman, 14 пунктов, через 1,5 интервала, выравнивание по ширине, первая строка с отступом 1,25 см. Номер страницы внизу, справа, 14 пунктов.

Несложные формулы должны быть набраны с клавиатуры и с использованием команды «Вставка→Символ». Сложные формулы должны быть набраны в редакторе MathType 6.0 Equation.

Отчёт по выполнению лабораторной работе должен содержать:

- название предмета, номер и название лабораторной работы;
- фамилию и инициалы автора, номер группы;
- фамилию и инициалы преподавателя;
- цель работы;
- перечень используемого оборудования;
- последовательность действий при проведении исследований;
- вывод о проделанной работе;
- ответы на контрольные вопросы;
- дату выполнения и личную подпись.

Результаты различных измерений необходимо представить в виде нескольких самостоятельных таблиц и графиков. Каждая таблица и каждый график должны иметь свой заголовок и исходные данные эксперимента.

При выполнении численных расчетов надо записать формулу определяемой величины, сделать соответствующую численную подстановку и произвести вычисления.

6 Контрольные вопросы

1. Каков спектральный состав АМ сигнала?
2. Как расположены спектральные компоненты АМ сигнала относительно несущей частоты.
3. Покажите, что процесс модуляции связан с переносом спектра сигнала из области низких в область высоких частот?
4. Поясните связь при амплитудной модуляции огибающей сигнала с мгновенным значением низкочастотного модулирующего колебания?
5. Каков принцип работы радиопередатчика с АМ?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам выполнения лабораторных работ студент формирует следующие компетенции:

Код компетенции/ этап (указывается название этапа из п.7.1)	Показатели оценивания компетенций (индикаторы достижения компетенций, закрепленные за дисциплиной)	Критерии и шкала оценивания компетенций		
		Пороговый уровень («удовлетворительно»)	Продвинутый уровень (хорошо)	Высокий уровень («отлично»)
1	2	3	4	5
УК-2/ начальный, основной, завершающий.	<p>УК-2.1 Формулирует на основе поставленной проблемы проектную задачу и способ ее решения через реализацию проектного управления.</p> <p>УК-2.2 Разрабатывает концепцию проекта в рамках обозначенной проблемы: формулирует цель, задачи, обосновывает актуальность, значимость, ожидаемые результаты и возможные сферы их применения.</p> <p>УК-2.3 Планирует необходимые ресурсы, в том числе с учетом их заменимости.</p> <p>УК-2.4 Разрабатывает план реализации проекта с использованием инструментов планирования.</p> <p>УК-2.5 Осуществ-</p>	<p>Знать: Основные методы управления проектом на всех этапах его жизненного цикла.</p> <p>Уметь: Применять основные методы управления проектом на всех этапах его жизненного цикла.</p> <p>Владеть: Навыками применения основных методов управления проектом на всех этапах его жизненного цикла.</p>	<p>Знать: Применяемые методы управления проектом на всех этапах его жизненного цикла.</p> <p>Уметь: Применять методы управления проектом на всех этапах его жизненного цикла.</p> <p>Владеть: Навыками применения методов управления проектом на всех этапах его жизненного цикла.</p>	<p>Знать: Современные эффективные методы управления проектом на всех этапах его жизненного цикла.</p> <p>Уметь: Применять современные эффективные методы управления проектом на всех этапах его жизненного цикла.</p> <p>Владеть: Навыками применения современных эффективных методов управления проектом на всех этапах его жизненного цикла.</p>

Код компетенции/ этап (указывается название этапа из п.7.1)	Показатели оценивания компетенций (индикаторы достижения компетенций, закрепленные за дисциплиной)	Критерии и шкала оценивания компетенций		
		Пороговый уровень («удовлетворительно»)	Продвинутый уровень (хорошо)	Высокий уровень («отлично»)
1	2	3	4	5
	ляет мониторинг хода реализации проекта, корректирует отклонения, вносит дополнительные изменения в план реализации проекта, уточняет зоны ответственности участников проекта.			
ОПК-2/ начальный, основной, завершающий.	<p>ОПК-2.1 Использует принципы и методы исследования современных инфокоммуникационных систем и умеет оценивать их достоинства и недостатки.</p> <p>ОПК-2.2 Опирирует основными методами и средствами проведения экспериментальных исследований систем передачи, распределения, обработки и хранения информации.</p> <p>ОПК-2.3 Применяет навыки реализации новых принципов и методов обработки и передачи инфор-</p>	<p>Знать: Основные варианты реализации новых принципов и методов исследования современных инфокоммуникационных систем и сетей различных типов передачи, распределения, обработки и хранения информации.</p> <p>Уметь: Применять основные варианты реализации новых принципов и методов исследования современных инфокоммуникационных систем и сетей различных типов передачи,</p>	<p>Знать: Варианты реализации новых принципов и методов исследования современных инфокоммуникационных систем и сетей различных типов передачи, распределения, обработки и хранения информации.</p> <p>Уметь: Применять варианты реализации новых принципов и методов исследования современных инфокоммуникационных систем и сетей различных типов передачи, распределения, обработки и хра-</p>	<p>Знать: Эффективные варианты реализации новых принципов и методов исследования современных инфокоммуникационных систем и сетей различных типов передачи, распределения, обработки и хранения информации.</p> <p>Уметь: Применять эффективные варианты реализации новых принципов и методов исследования современных инфокоммуникационных систем и сетей различных типов передачи,</p>

Код компетенции/ этап (указывается название этапа из п.7.1)	Показатели оценивания компетенций (индикаторы достижения компетенций, закрепленные за дисциплиной)	Критерии и шкала оценивания компетенций		
		Пороговый уровень («удовлетворительно»)	Продвинутый уровень (хорошо)	Высокий уровень («отлично»)
1	2	3	4	5
	<p>мации в современных инфокоммуникационных системах и сетях.</p> <p>ОПК-2.4</p> <p>Анализирует передовой отечественный и зарубежный опыт исследования современных инфокоммуникационных систем и /или их составляющих.</p>	<p>распределения, обработки и хранения информации.</p> <p>Владеть:</p> <p>Навыками применения основных вариантов реализации новых принципов и методов исследования современных инфокоммуникационных систем и сетей различных типов передачи, распределения, обработки и хранения информации.</p>	<p>нения информации.</p> <p>Владеть:</p> <p>Навыками применения вариантов реализации новых принципов и методов исследования современных инфокоммуникационных систем и сетей различных типов передачи, распределения, обработки и хранения информации.</p>	<p>распределения, обработки и хранения информации.</p> <p>Владеть:</p> <p>Навыками применения эффективных вариантов реализации новых принципов и методов исследования современных инфокоммуникационных систем и сетей различных типов передачи, распределения, обработки и хранения информации.</p>
ОПК-3/ начальный, основной, завершающий.	<p>ОПК-3.1</p> <p>Применяет принципы построения локальных и глобальных компьютерных сетей, основы Интернет-технологий, типовые процедуры применения проблемно-ориентированных прикладных программных средств в дисциплинах профессионально-</p>	<p>Знать:</p> <p>Основные методы приобретения, обработки и использования новой информации в своей предметной области, предлагать новые идеи и подходы к решению задач своей профессиональной деятельности.</p> <p>Уметь:</p>	<p>Знать:</p> <p>Методы приобретения, обработки и использования новой информации в своей предметной области, предлагать новые идеи и подходы к решению задач в своей профессиональной деятельности.</p> <p>Уметь:</p> <p>Применять мето-</p>	<p>Знать:</p> <p>Эффективные современные методы приобретения, обработки и использования новой информации в своей предметной области, предлагать новые идеи и подходы к решению задач своей профессиональной деятельности.</p>

Код компетенции/ этап (указывается название этапа из п.7.1)	Показатели оценивания компетенций (индикаторы достижения компетенций, закрепленные за дисциплиной)	Критерии и шкала оценивания компетенций		
		Пороговый уровень («удовлетворительно»)	Продвинутый уровень (хорошо)	Высокий уровень («отлично»)
1	2	3	4	5
	<p>го цикла и профессиональной сфере деятельности.</p> <p>ОПК-3.2 Использует современные информационные и компьютерные технологии, средства коммуникаций, способствующие повышению эффективности научной и образовательной сфер деятельности.</p> <p>ОПК-3.3 Анализирует передовой отечественный и зарубежный опыт при проведении исследований, проектировании, организации технологических процессов и эксплуатации инфокоммуникационных систем, сетей и устройств и /или их составляющих.</p>	<p>Применять основные методы приобретения, обработки и использования новой информации в своей предметной области, предлагать новые идеи и подходы к решению задач своей профессиональной деятельности.</p> <p>Владеть: Навыками применения основных методов приобретения, обработки и использования новой информации в своей предметной области, предлагать новые идеи и подходы к решению задач в своей профессиональной деятельности.</p>	<p>ды приобретения, обработки и использования новой информации в своей предметной области, предлагать новые идеи и подходы к решению задач в своей профессиональной деятельности.</p> <p>Владеть: Навыками применения методов приобретения, обработки и использования новой информации в своей предметной области, предлагать новые идеи и подходы к решению задач в своей профессиональной деятельности.</p>	<p>Уметь: Применять эффективные современные методы приобретения, обработки и использования новой информации в своей предметной области, предлагать новые идеи и подходы к решению задач своей профессиональной деятельности.</p> <p>Владеть: Навыками применения эффективных современных методов приобретения, обработки и использования новой информации в своей предметной области, предлагать новые идеи и подходы к решению задач в своей профессиональной деятельности.</p>
ОПК-4/ начальный, ос-	ОПК-4.1 Применяет основные методы обра-	Знать: Основные методы разработки и	Знать: Методы разработки и приме-	Знать: Эффективные современные ме-

Код компетенции/ этап (указывается название этапа из п.7.1)	Показатели оценивания компетенций (индикаторы достижения компетенций, закрепленные за дисциплиной)	Критерии и шкала оценивания компетенций		
		Пороговый уровень («удовлетворительно»)	Продвинутый уровень (хорошо)	Высокий уровень («отлично»)
1	2	3	4	5
новой, завершающий.	ботки экспериментальных данных с помощью современного специализированного программно-математического обеспечения при решении научно-исследовательских задач. ОПК-4.2 Использует современное специализированное программно-математическое обеспечение для решения задач приема, обработки и передачи информации и проведения исследований в области инфокоммуникаций. ОПК-4.3 Применяет методы компьютерного моделирования и обработки информации с помощью специализированного программно-математического обеспечения.	применения специализированного программно-математического обеспечения для проведения исследований и решения проектно-конструкторских и научно-исследовательских задач. Уметь: Применять основные методы разработки и применения специализированного программно-математического обеспечения для проведения исследований и решения проектно-конструкторских и научно-исследовательских задач. Владеть: Навыками применения основных методов разработки и применения специализированного программно-математического обеспечения для	нения специализированного программно-математического обеспечения для проведения исследований и решения проектно-конструкторских и научно-исследовательских задач. Уметь: Применять методы разработки и применения специализированного программно-математического обеспечения для проведения исследований и решения проектно-конструкторских и научно-исследовательских задач. Владеть: Навыками применения методов разработки и применения специализированного программно-математического обеспечения для проведения исследований и	тоды разработки и применения специализированного программно-математического обеспечения для проведения исследований и решения проектно-конструкторских и научно-исследовательских задач. Уметь: Применять эффективные современные методы разработки и применения специализированного программно-математического обеспечения для проведения исследований и решения проектно-конструкторских и научно-исследовательских задач. Владеть: Навыками применения эффективных современных методов разработки и применения спе-

Код компетенции/ этап (указывается название этапа из п.7.1)	Показатели оценивания компетенций (индикаторы достижения компетенций, закрепленные за дисциплиной)	Критерии и шкала оценивания компетенций		
		Пороговый уровень («удовлетворительно»)	Продвинутый уровень (хорошо)	Высокий уровень («отлично»)
1	2	3	4	5
		проведения исследований и решения проектноконструкторских и научно-исследовательских задач.	решения проектноконструкторских и научно-исследовательских задач.	специализированного программно-математического обеспечения для проведения исследований и решения проектноконструкторских и научно-исследовательских задач.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

Форма титульного листа отчета, обучающегося о выполненной лабораторной работе**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Юго-Западный государственный университет»

Кафедра космического приборостроения и систем связи

ОТЧЕТо выполненной лабораторной работе по дисциплине
«Теория построения инфокоммуникационных сетей и систем»
на тему «_____»

Выполнил

(подпись)

/Фамилия, инициалы/

Проверил

(подпись)

/Фамилия, инициалы/

Курск 20____