

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
Запорожский национальный технический университет

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к выполнению лабораторных работ по дисциплине
"Компьютерные сети"
для студентов направления подготовки 6.050102 "Компьютерная
инженерия", всех форм обучения

Принципы модуляции сигналов

2013

Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине "Компьютерные сети" для студентов направления подготовки 6.050102 "Компьютерная инженерия", всех форм обучения. Принципы модуляции сигналов / Сост. Г.Г.Киричек, Р.К.Кудерметов, О.Г.Бедняк. – Запорожье: ЗНТУ, 2013. – 58 с.

*Издание подготовлено по Международному проекту ТЕМПУС
“PROMENG” 510920-Tempus-1-2010-1-DE-Tempus-JPCR
“Профессионально ориентированные магистерские программы в
области инжиниринга в России, Узбекистане и в Украине”*

Составители:

Г.Г. Киричек, доцент, к.т.н.,
Р.К. Кудерметов, доцент, к.т.н.
О.Г. Бедняк, ст.преп.

Рецензент:

А.И. Вершина, доцент, к.т.н.

Ответственный за выпуск:

Г.Г. Киричек, доцент, к.т.н.

Утверждено
на заседании кафедры КСС

Протокол № 1
от 16.09.2013

СОДЕРЖАНИЕ

1 Лабораторная работа №1	4
1.1 Технические средства	4
1.2 Теоретические сведения.....	5
1.3 Общее задание.....	6
2 Лабораторная работа №2	11
2.1 Технические средства	11
2.2 Теоретические сведения.....	11
2.3 Часть 1. Модуль - Master Signals	13
2.4 Часть 2. Модуль - Speech	17
2.5 Часть 3. Модуль - Buffer	18
3 Лабораторная работа №3	22
3.1 Часть 1. Модуль - Сумматор.....	22
3.2 Часть 2. Модуль - Фазовращатель	25
4 Лабораторная работа №4	28
4.1 Работа генератора регулируемой амплитуды.....	28
5 Лабораторная работа №5	33
5.1 Теоретические сведения.....	33
5.2 Часть 1. Модуль - Adder	34
5.3 Часть 2. Сложение сигналов и смещение по фазе.....	36
5.4 Часть 3. Усиление сигнала.....	39
6 Лабораторная работа №6	41
6.1 Теоретические сведения.....	41
6.2 Часть 1. Генерация DSBSC сигнала.....	43
6.3 Часть 2. Добавление несущей частоты к DSBSC сигналу	44
6.4 Часть 3. Регулировка сигнала амплитудной модуляции.....	46
6.5 Часть 4. Демодуляция АМ сигналов.....	53
Список рекомендуемой литературы.....	58

1 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

Цифровой осциллограф

Цель работы: изучить процедуру настройки цифрового осциллографа. Научиться подключать осциллограф к исследуемому объекту, измерять амплитуду и период сигнала.

1.1 Технические средства

Осциллограф является одним из самых универсальных средств тестового оборудования в электронной промышленности. Он предназначен для визуального наблюдения и исследования формы сигналов (рис.1.1).

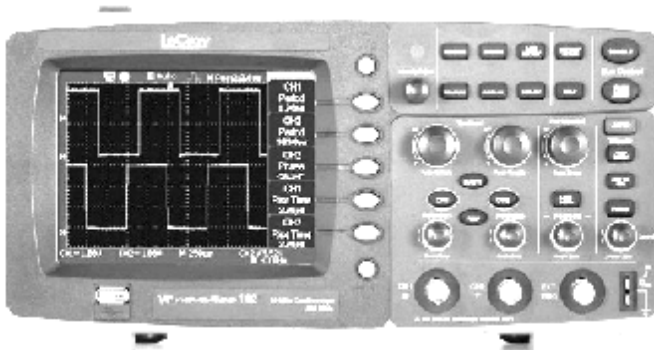


Рисунок 1.1 - Осциллограф

Данное оборудование позволяет достаточно точно и оперативно измерять основные параметры сигналов: амплитуду, частоту, временные интервалы, фазовый сдвиг и т. д.

Из этого следует, что осциллограф особенно полезен при настройке и тестировании систем связи и телекоммуникационного оборудования. Он будет использоваться вами в большинстве выполняемых лабораторных работ (данного цикла). И технически представляет собой цифровой двухканальный осциллограф LeCroy с полосой пропускания 100МГц.

1.2 Теоретические сведения

Рассмотрим определения некоторых электротехнических терминов, используемых в данной работе.

Если вы уже встречались с ними – все равно стоит прочитать определения и проверить себя:

- **амплитуда** сигнала - максимальное значение смещения волны от точки равновесия, физическая величина, измеряемая в вольтах (В). Обычно измеряется от среднего значения сигнала до его верхней точки (называется пиковым напряжением) или от нижней точки до верхней точки (называется двойным пиковым напряжением - peak-to-peak voltage).

- **период** сигнала - время, в течение которого происходит одно полное колебание (длительность одного цикла, измеряемого в секундах (с)). Период – величина обратно пропорциональная частоте сигнала. Если период мал, он выражается в миллисекундах (мс) и микросекундах (мкс).

- **частота** сигнала - количество периодов за секунду, измеряется в герцах (Гц). Если за секунду проходит много циклов, частота выражается в килогерцах (кГц) и даже в мегагерцах (МГц).

- **синусоида** - это периодический сигнал, форма которого показана на рисунке 1.2

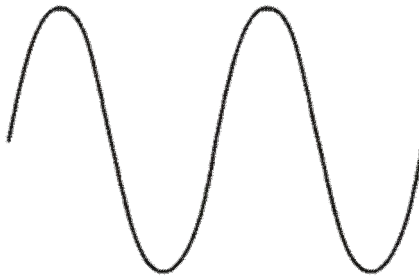


Рисунок 1.2 - Синусоида

- **прямоугольный** сигнал - это периодический сигнал, имеющий форму, показанную на рисунке 1.3.

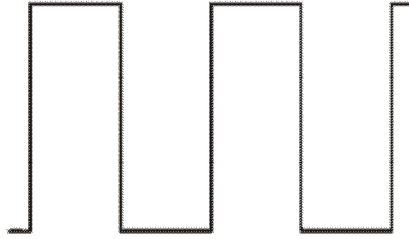


Рисунок 1.3 - Прямоугольный сигнал

1.3 Общее задание

1. Включите осциллограф и дайте ему нагреться. Через некоторое время сигнал должен появиться на экране.
2. Установите переключателем *Intensity* (интенсивность сигнала) значение 75%.
3. Включите только первый канал (кнопка *CH1* включена, *CH2* выключена).
4. Управление вертикальной разверткой (блок *Vertical*):
 - установите регулятором *Vertical* значение 2V/div для первого канала;
 - нажмите на регулятор *Position* для установки вертикальной позиции сигнала на экране в среднее значение.
5. Управление горизонтальной разверткой:
 - установите регулятором *Horizontal* значение горизонтальной развертки 100μs/div;
 - нажмите на регулятор *Position* для установки горизонтальной позиции сигнала на экране в среднее значение.
6. Нажмите кнопку *TrigMenu* (меню триггеров) и в появившемся на экране меню выполните следующие настройки:
 - тип: фронт;
 - источник: CH1;
 - полярность: по фронту;
 - режим запуска: Авто;
 - в подменю *Запуск* связь входа выбрать тип сигнала переменный;

– регулятором Level настройте уровень сигнала синхронизации 2V.

7. Тестирование. Используйте кабель осциллографа, чтобы соединить вход CH1 осциллографа с выходом модуля Master Signals (2kHz Digital) стенда Emona Telecoms-Trainer 101.

Примечание. Если настройки осциллографа выполнены правильно, то вы должны увидеть устойчивый прямоугольный сигнал на дисплее.

Выполняя измерения амплитуды сигнала переменного тока с помощью осциллографа, обычно измеряют пиковое (peak-to-peak) напряжение. Под этим понимается разность между самой низкой и самой высокой точками сигнала, как показано на рисунке 1.4.

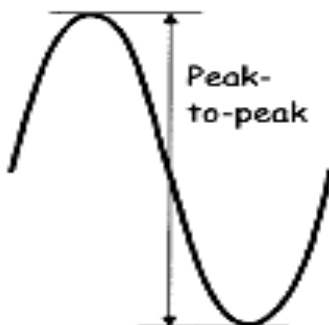


Рисунок 1.4 - Пиковое напряжение

При измерении амплитуды прямоугольного сигнала находится разность между максимальным и минимальным значением сигнала.

Произведите измерение амплитуды сигнала переменного тока, выполнив следующие действия:

- используйте регулятор *Vertical* канала CH1 что бы увеличить изображение сигнала на экране;
- используйте регулятор *Position* настройки вертикальной развертки канала CH1 что бы поместить нижнюю линию сигнала на любую из горизонтальных линий на экране;

- используйте регулятор *Position* горизонтальной развертки, что бы соотнести середину импульса с осью X на экране.
Изображение на экране должно быть таким как на рисунке 1.5.

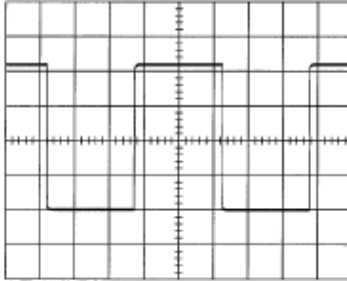


Рисунок 1.5 - Амплитуда сигнала переменного тока

- подсчитайте число делений от основания сигнала до его вершины. (Деление имеет вес 0,2);
- умножьте полученное число на значение вертикальной развертки, указанное в нижнем левом углу экрана. И запишите полученное значение амплитуды.

Другой важной измеряемой характеристикой сигнала переменного тока является период.

Период – это время одного цикла сигнала, он показан на рисунке 1.6. Зная период можно вычислить частоту сигнала.

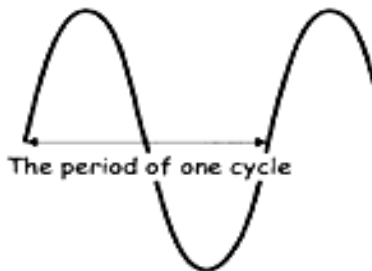


Рисунок 1.6 - Период

Произведите измерение периода сигнала переменного тока и вычислите его частоту, выполнив следующие действия:

- используйте регулятор *Horizontal* для расширения сигнала на экране, что бы был виден один полный цикл;
- используйте регулятор *Position* настройки вертикальной развертки канала CH1 для выравнивания сигнала по горизонтальной линии посередине экрана;
- используйте регулятор *Horizontal*, чтобы соотнести начало сигнала с первой вертикальной линией на экране.

Изображение, полученное на экране должно быть таким как на рисунке 1.7.

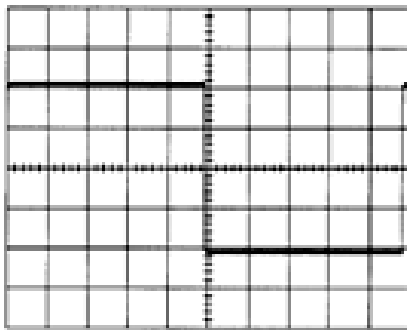


Рисунок 1.7 – Период сигнала переменного тока

- подсчитайте количество делений для одного полного цикла сигнала. (деление имеет вес 0.2);
- умножьте полученное число на значение горизонтальной развертки, указанное в низу в центре экрана (обозначено М);
- используйте полученное значение периода, чтобы вычислить частоту сигнала.

Выполнение вычисления частоты по периоду.

Период сигнала – время одного полного цикла. Измеряется в секундах.

По определению частота – количество циклов сигнала, которые происходят за одну секунду.

Таким образом, чтобы вычислить частоту сигнала необходимо разделить одну секунду на период.

$$f = 1s/p$$

Содержание письменного отчета:

- ход работы;
- графическое изображение всех этапов работы;
- основные схемы соединений;
- заполненные таблицы;
- результаты произведенных вычислений, полученные в ходе выполнения работы;
- ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы.

1. Что понимаем под термином аналоговая модуляция?
2. Дайте определение амплитуды сигнала.
3. Дайте определение частоты сигнала.
4. Дайте определение периода сигнала.
5. Приведите пример вычисления частоты сигнала по известному значению периода.

2 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

«Введение в Telecoms-Trainer 101. Модули Master Signals, Speech и Buffer»

Цель работы: изучить работу стенда Emona Telecoms-Trainer и его модулей.

2.1 Технические средства

В ходе работы используется следующее оборудование:

- стенд Emona Telecoms-Trainer 101;
- двухканальный 100 МГц осциллограф;
- два соединительных провода для осциллографа;
- комплект соединительных проводов Emona Telecoms-Trainer.

Emona Telecoms-Trainer 101 используется для изучения принципов связи и телекоммуникации. Стенд позволяет физически собирать блок-схемы, содержащиеся в учебниках по телекоммуникации. Блок-схема - упрощенное представление более сложной схемы.

Блок-схемы используются для того, чтобы представить принцип работы электронных систем (например, таких как радиопередатчик) не вдаваясь в принципы работы самой схемы. Каждый блок представляет часть схемы, которая выполняет отдельную задачу и называется соответственно ей.

Примеры общих блоков в коммуникационном оборудовании:

- сумматор;
- фильтр;
- фазовращатель и т.д.

2.2 Теоретические сведения

Два сигнала, которые **совпадают по фазе** друг с другом являются синхронизированными. Таким образом, они изменяются одновременно.

Два сигнала, которые **не совпадают по фазе** являются не синхронизированными. Таким образом, они не совпадают друг с

другом. Пример двух сигналов, которые не совпадают по фазе, показан ниже на рисунке 2.2.

Сдвиг фаз показывает, насколько два сигнала не совпадают по фазе, и измеряется в градусах. У синфазных сигналов сдвиг фаз равняется 0° . У сигналов, которые не совпадают по фазе, сдвиг фаз может быть от 0° до 360° .

Синусоидальная волна - периодически повторяющийся сигнал с формой показанной на рисунке 2.1.

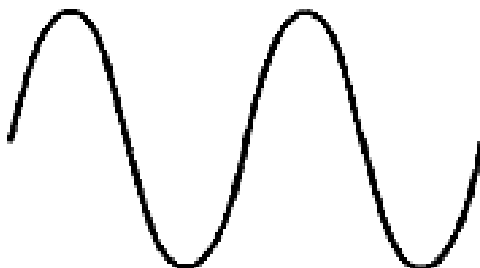


Рисунок 2.1 – Синусоидальная волна

Косинусоида - простая синусоидальная волна, которая не совпадает по фазе с другой синусоидальной волной на 90° . Синусоида и косинусоида показаны на рисунке 2.2.

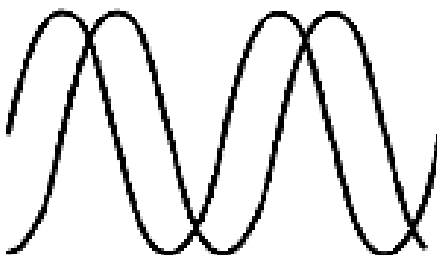


Рисунок 2.2 – Синусоида и косинусоида

2.3 Часть 1. Модуль - Master Signals

Модуль Master Signals – это генератор АС сигнала или осциллятор.

Он имеет шесть выходов.

Аналоговые:

синусоида на 2 кГц

синусоида на 100 кГц

косинусоида на 100 кГц

Цифровые:

прямоугольный сигнал на 2.083 кГц

прямоугольный сигнал на 8.33 кГц

прямоугольный сигнал на 100 кГц

Каждый сигнал доступен на разъёме лицевой панели модуля.

1. Соедините осциллограф и модуль Master Signals (выход 2 кГц *SINE*), как показано на рисунке 2.3.

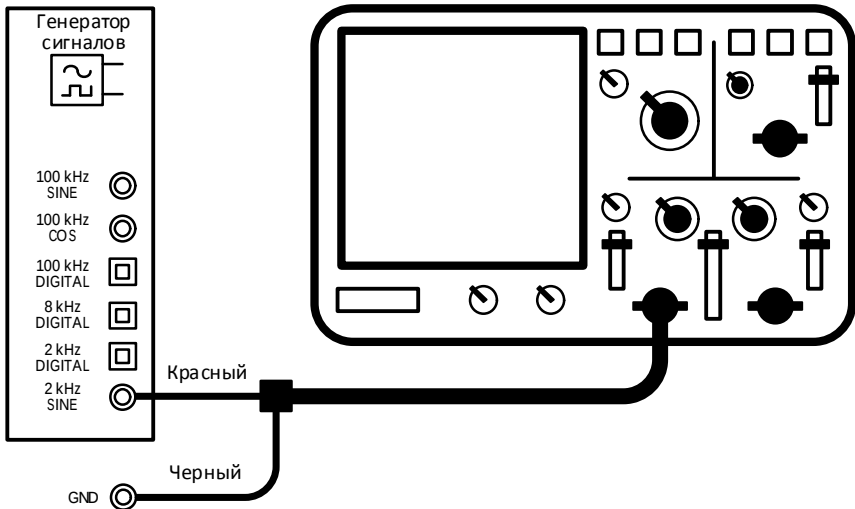


Рисунок 2.3 - Соединение осциллографа и модуля Master Signals

Это соединение может быть представлено блок-схемой, изображенной на рисунке 2.4.

Генератор
сигналов

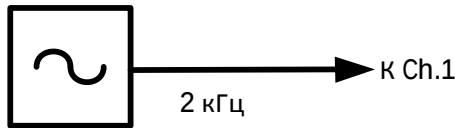


Рисунок 2.4 – Блок-схема соединения

2. Включите осциллограф, дайте ему прогреться. Убедитесь, что:

- включен канал CH1;
- стенд Етопа подключен ко входу осциллографа CH1.

3. Выполните авто настройку:

- нажмите кнопку AUTO на лицевой панели;
- уберите с экрана меню авто настройки кнопкой MENU ON/OFF.

4. Выполните настройку регулятором Horizontal так, чтобы увидеть на экране два или более циклов сигнала.

5. Измерьте амплитуду сигнала.

6. Измерьте период сигнала.

7. Вычислите частоту сигнала, используя полученное значение периода. Запишите полученные данные в таблицу 2.1.

Примечание. Процедура измерения амплитуды и периода и вычисление частоты сигнала описана в **лабораторной работе №1**.

8. Повторите шаги 3 - 7 для двух других аналоговых выходов модуля Master Signals.

Таблица 2.1 - Вычисление частоты сигнала

	<i>Выходное напряжение</i>	<i>Период</i>	<i>Частота</i>
2kHz SINE			
100kHz COS			
100kHz SINE			

Попросите преподавателя проверить результаты вашей работы, прежде чем продолжить.

Для работы некоторых телекоммуникационных систем требуется два (или более) синусоидальных сигнала, которые совпадают по частоте, но не совпадают по фазе. Примеры пар таких синусоидальных волн, приведены на рисунке 2.5.

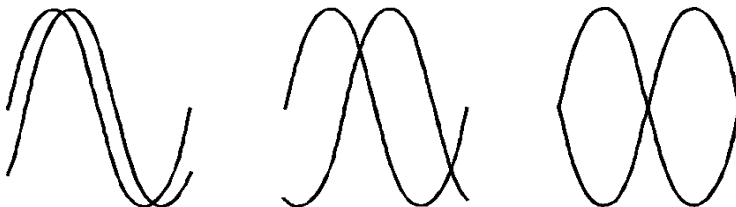


Рисунок 2.5 - Примеры пар синусоидальных волн

Произведите измерение сдвига фаз между выходами 100кГц *SINE* и *COSINE* модуля Master Signals, выполнив следующие шаги.

9. Соедините устройства как показано на рисунке 2.6.

Примечание. Вставьте черные штекера кабелей осциллографа в гнездо заземления (*GND*).

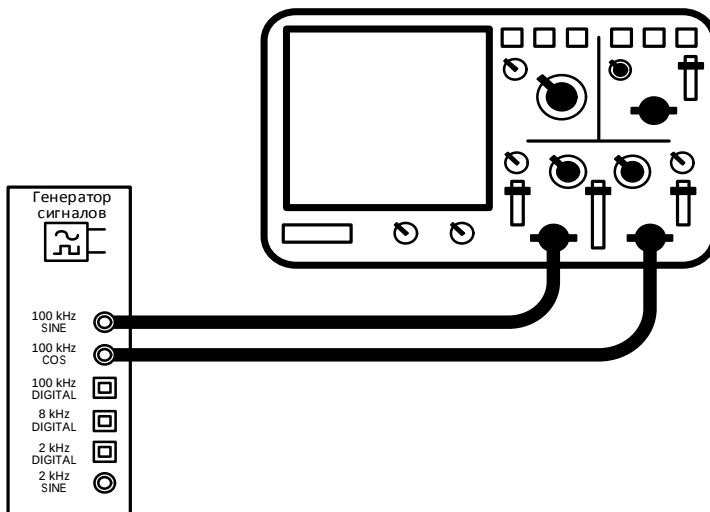


Рисунок 2.6 – Соединение устройств

10. Включите второй вход осциллографа кнопкой CH2, чтобы увидеть на экране оба сигнала модуля Master Signals на выходах 100кГц.

11. Выполните авто настройку:

- нажмите кнопку AUTO на лицевой панели;
- уберите с экрана меню авто настройки кнопкой MENU ON/OFF.

12. Выполните настройку регулятором Horizontal так, чтобы увидеть на экране два или более циклов сигнала.

13. Используйте регулятор *Position* вертикальной настройки обоих каналов, чтобы выровнять оба сигнала по оси X дисплея осциллографа.

14. Посчитайте количество делений для одного цикла сигнала первого канала. Запишите полученное значение периода (P).

15. За тем посчитайте количество делений между двумя сигналами как показано на рисунке 2.7. Запишите полученную разницу(dP).

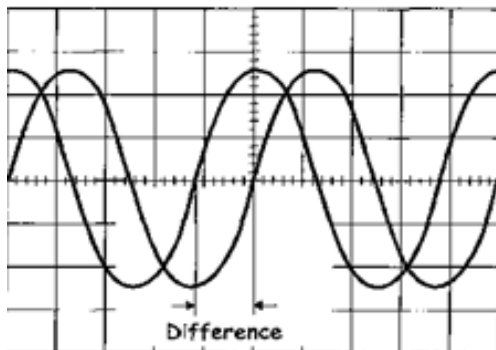


Рисунок 2.7 – Подсчет количества делений между двумя сигналами

16. Используйте формулу 2.1, приведенную ниже, чтобы вычислить сдвиг фаз между двумя сигналами. Запишите результат вашего расчета.

$$\Phi = (dP/P) * 360^{\circ} \quad (2.1)$$

Попросите преподавателя проверить результаты вашей работы, прежде чем продолжить.

2.4 Часть 2. Модуль - Speech

Речевой модуль (Speech). Синусоидальные волны широко используются для в роли несущей частоты во многих коммуникационных системах. Основная задача оборудования связи - передача речи, а значит полезно проверять работу оборудования, используя речевые сигналы, вместо синусоидальных волн. Емopa Telecoms-Trainer 101 предоставляет эту возможность, для этого используется Речевой модуль.

1. Убедитесь, что включен канал CH1 осциллографа.
2. Установите регулятором Horizontal значение горизонтальной развертки 2ms/div.
3. Соедините устройства как показано на рисунке 2.8.

Примечание. Вставьте черный штекер кабеля осциллографа в гнездо заземления (GND).

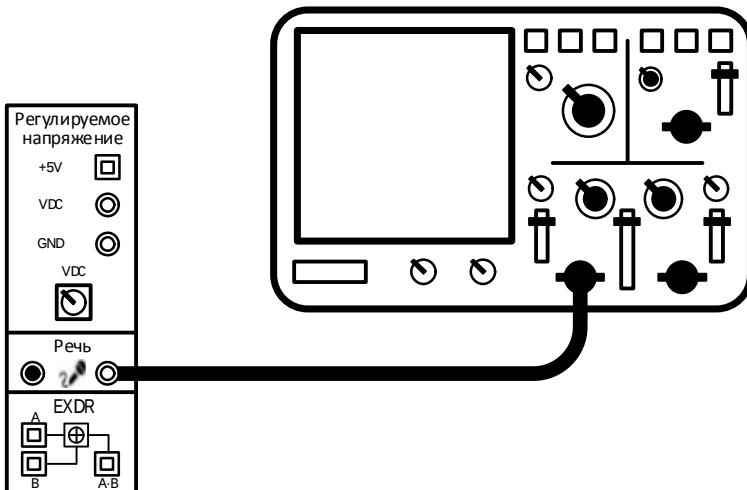


Рисунок 2.8 – Настройка работы Речевого модуля

4. Поговорите в микрофон и наблюдайте отображающийся сигнал на экране осциллографа.

Попросите преподавателя проверить результаты вашей работы, прежде чем продолжить.

2.5 Часть 3. Модуль - Buffer

Буферный модуль (Buffer). Усилители широко используются в телекоммуникационном оборудовании для увеличения мощности сигналов. Они также используются в качестве интерфейса между устройствами и схемами, которые не согласованы по уровню сигнала. Буферный модуль Emona Telecoms-Trainer 101 это усилитель, который может быть использован в обоих случаях.

1. Установите регулятор Gain модуля Buffer приблизительно на середину его оборота.

2. Соедините устройства как показано на рисунке 2.9.

Примечание. Вставьте черные штекера кабелей осциллографа в гнездо заземления (GND).

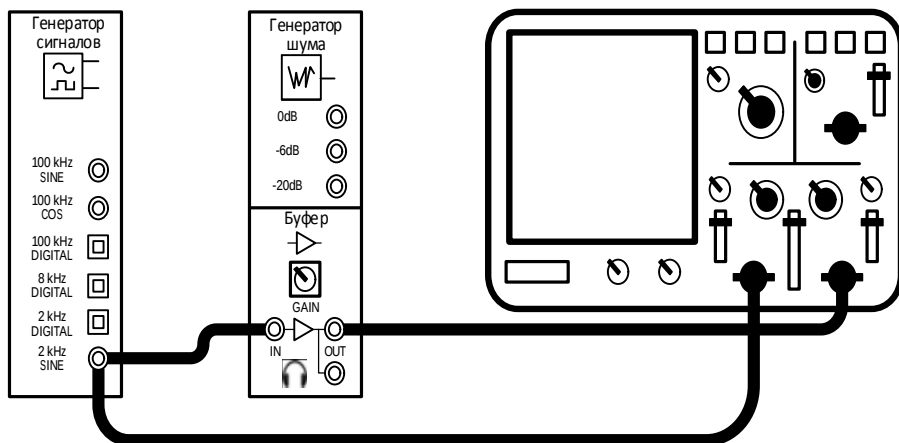


Рисунок 2.9 – Работа усилителя

Это соединение может быть представлено блок-схемой на рисунке 2.10.

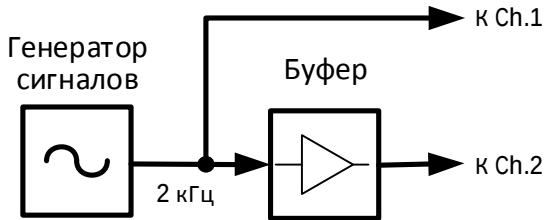


Рисунок 2.10 – Блок-схема соединения

3. Убедитесь, что включены каналы осциллографа CH1 и CH2.
 4. Выполните авто настройку:
 - нажмите кнопку AUTO на лицевой панели;
 - уберите с экрана меню авто настройки кнопкой MENU ON/OFF.
 5. Выполните настройку регулятором Horizontal так, чтобы увидеть на экране два или более циклов сигнала.
 6. Измерьте амплитуду (пиковая) входа V_{in} модуля Buffer (CH1). Запишите полученное значение в таблицу 2.2.
- Примечание.** Процедура измерения амплитуды сигнала описана в **лабораторной работе №1**.
7. Измерьте и запишите амплитуду выхода V_{out} модуля Buffer (CH2).

Таблица 2.2

<i>Входное напряжение</i>	<i>Выходное напряжение</i>

Отношение величины выходного сигнала ко входному называется коэффициентом усиления. Коэффициент усиления может быть выражен как отношение и рассчитывается по формуле:

$$A_v = V_{out} / V_{in}$$

Важно: если сигнал на выходе усилителя инвертирован по отношению к его входу, то перед коэффициентом усиления помещается знак, чтобы подчеркнуть этот факт.

8. Вычислите коэффициент усиления (при текущей настройке усиления).

Коэффициент усиления Буферного модуля является переменным. Его можно установить так, что выходное напряжение будет меньше чем входное. Это вообще не усиление, это ослабление или затухание.

9. Поверните регулятор Gain модуля Buffer полностью против часовой стрелки, затем поверните его немного по часовой стрелке, пока не увидите синусоидальную волну на экране осциллографа.

10. Измерьте амплитуду входного сигнала. Запишите ее значение в Таблицу 2.3.

11. Измерьте и запишите амплитуду сигнала на выходе модуля.

Таблица 2.3

<i>Входное напряжение</i>	<i>Выходное напряжение</i>

12. Вычислите новое усиление Буферного модуля.

Попросите преподавателя проверить результаты вашей работы, прежде чем продолжить.

Усилители используют напряжение питания постоянного тока, чтобы сделать копию усиленного входного сигнала.

Очевидно, что напряжение питания ограничивает максимальный уровень усиления. Если усилитель заставить попытаться вывести сигнал, который превышает напряжение питания, то верхние и нижние границы сигнала зачищаются. Этот тип искажения сигнала обрезание.

Обрезание сигнала обычно возникает, когда на вход подается слишком мощный сигнал. Следовательно, усилитель перегружается. Это также встречается, когда коэффициент усиления усилителя слишком большой по отношению к входному сигналу. Для демонстрации выполним следующие шаги:

- поверните полностью регулятор Gain Буферного модуля по часовой стрелке;
- поверните полностью регулятор *Gain* Буферного модуля против часовой стрелки.

Содержание письменного отчета:

- ход работы;
- графическое изображение всех этапов работы;
- основные схемы соединений;
- заполненные таблицы;
- результаты произведенных вычислений, полученные в ходе выполнения работы;
- ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы.

1. Теоретический фазовый сдвиг между синусоидальной волной и косинусоидой равен 90° . Если в вашем измерении он не равен точно 90° , что является причиной?
2. Как будет выглядеть выходной сигнал, если коэффициент усиления буфера будет достаточно большим?
3. Почему выход *100kHz SINE* Модуля Master Signals беззвучен?

3 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3 «Введение в Telecoms-Trainer 101. Модули Сумматор и Фазовращатель»

Цель работы: познакомиться с модулями Сумматора и Фазовращателя, а также изучить их характеристики.

В ходе работы используется следующее оборудование:

- стенд Emona Telecoms-Trainer 101;
- двухканальный 100 МГц осциллограф;
- два соединительных провода для осциллографа;
- комплект соединительных проводов Emona Telecoms-Trainer.

3.1 Часть 1. Модуль - Сумматор

Модуль Сумматор (ADDER) – предназначен для того, чтобы сложить два сигнала вместе.

1. Соедините устройства как показано на рисунке 3.1.

Примечание. Вставьте черные штекера кабелей осциллографа в гнездо заземления (GND).

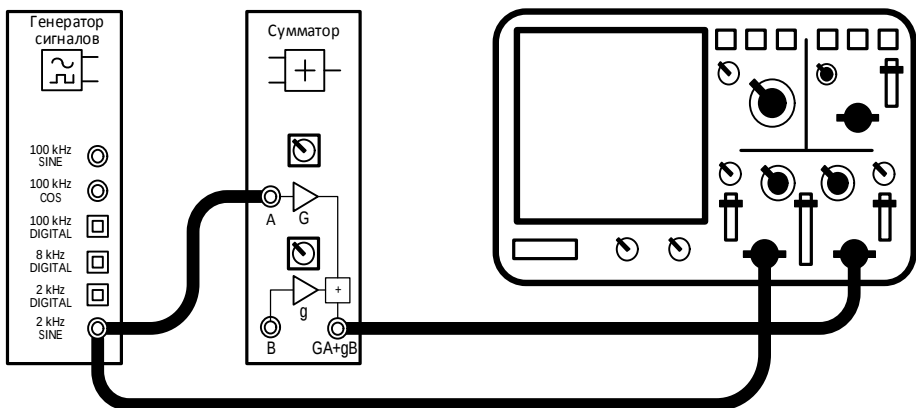


Рисунок 3.1 – Соединение устройств

Данное соединение может быть представлено блок-схемой на рисунке 3.2.

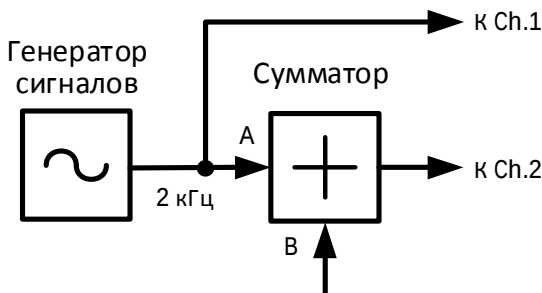


Рисунок 3.2 – Блок-схема соединений

2. Поверните регулятор g (для Input B) модуля ADDER полностью против часовой стрелки.

3. Установите регулятор G (для Input A) приблизительно на середину его вращения.

4. Включите осциллограф, дайте ему прогреться. Убедитесь, что включены оба канала.

5. Выполните авто настройку:

- нажмите кнопку AUTO на лицевой панели;

- уберите с экрана меню авто настройки кнопкой MENU ON/OFF.

6. Выполните настройку регулятором Horizontal так, чтобы увидеть на экране два или более циклов сигнала.

7. Поворачивайте регулятор G до упора влево, а затем вправо и наблюдайте эффект.

8. Измерьте напряжение на Input A. Запишите полученное значение в таблицу 3.1.

9. Поверните регулятор G до упора по часовой стрелке.

10. Измерьте и запишите выходное напряжение.

11. Вычислите и запишите коэффициент усиления напряжения выхода A.

12. Поверните регулятор G до упора против часовой стрелки.

13. Повторите шаги 10 и 11.

Таблица 3.1 – Измерение напряжения выхода А

		<i>Входное напряжение</i>	<i>Выходное напряжение</i>	<i>Коэффициент т усиления</i>
Input A	<i>Максимум</i>			
	<i>Минимум</i>			

Попросите преподавателя проверить результаты вашей работы, прежде чем продолжить.

14. Поверните регулятор G до упора против часовой стрелки.
15. Отсоедините выход 2kHz SINE модуля Master Signals от Input A и подключение его Input B Сумматора.
16. Поверните регулятор G модуля Adder до упора по часовой стрелке.
17. Выполните авто настройку:
 - нажмите кнопку AUTO на лицевой панели;
 - уберите с экрана меню авто настройки кнопкой MENU ON/OFF.
18. Измерьте выходное напряжение модуля Сумматора. Запишите ваше измерение в таблицу 3.2.
19. Вычислите и запишите коэффициент усиления напряжения Input B модуля Сумматора.
20. Поверните регулятор G до упора против часовой стрелки.
21. Повторите шаги 18 и 19.

Таблица 3.2 – Измерение напряжения выхода В

		<i>Входное напряжение</i>	<i>Выходное напряжение</i>	<i>Коэффициент усиления</i>
Input B	<i>Максимум</i>			
	<i>Минимум</i>			

22. Поверните оба регулятора коэффициента усиления модуля Сумматора полностью по часовой стрелке.
23. Соедините выход 2kHz SINE модуля Master Signals с обоими входами модуля Adder.
24. Измерьте и запишите новое выходное напряжение.

Попросите преподавателя проверить результаты вашей работы, прежде чем продолжить.

3.2 Часть 2. Модуль - Фазовращатель

Модуль Фазовращателя (Phase Shifter) – дает возможность фазового сдвига любого сигнала почти на любое значение.

1. Установите переключатель Phase на позицию 0° модуля Фазовращателя.
2. Установите регулятор Phase приблизительно на середину его оборота.
3. Соедините устройства как показано на рисунке 3.3.

Примечание. Вставьте черные штекера кабелей осциллографа в гнездо заземления (*GND*). Светодиод на модуле Фазовращателя загорится, **не обращайтесь на него внимание**. Он указывает лишь на то, что была произведена автоматическая настройка модуля на данный сигнал.

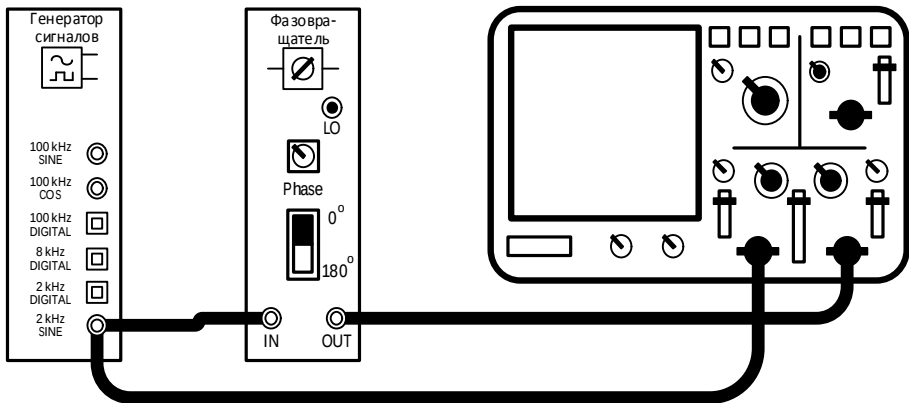


Рисунок 3.3 – Соединение устройств

Данное соединение может быть представлено блок-схемой на рисунке 3.4.

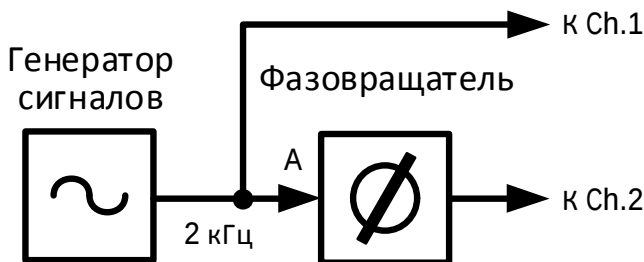


Рисунок 3.4 – Блок-схема соединений

4. Выполните авто настройку:
 - нажмите кнопку AUTO на лицевой панели;
 - уберите с экрана меню авто настройки кнопкой MENU ON/OFF.
5. Установите переключатель Phase на позицию 180°.
6. Поверните регулятор *Phase* влево, а затем вправо и наблюдайте изменения сигнала с выхода модуля, по отношению к входному.

Попросите преподавателя проверить результаты вашей работы, прежде чем закончить.

Содержание письменного отчета:

- ход работы;
- графическое изображение всех этапов работы;
- основные схемы соединений;
- заполненные таблицы;
- результаты произведенных вычислений, полученные в ходе выполнения работы;
- ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы.

1. Какой настройкой Сумматора управляет регулятор G?
2. Каков диапазон усиления для выхода А модуля Adder?

3. Сравните результаты в Таблицах 1 и 2. Что можно сказать об их коэффициентах усиления?
4. Какая зависимость между амплитудой сигналов на входах и выходах модуля Сумматора?
5. Действительно ли модуль Фазовращателя способен к смещению сигнала на 360° ?

4 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

«Введение в Telecoms-Trainer 101. Модуль Voltage Controlled Oscillator (VCO)»

Цель работы: изучить работу модуля генератора регулируемой амплитуды и частоты и изучить его характеристики.

В ходе работы используется следующее оборудование:

- стенд Emona Telecoms-Trainer 101;
- двухканальный 100 МГц осциллограф;
- два соединительных провода для осциллографа;
- комплект соединительных проводов Emona Telecoms-Trainer.

Генератор регулируемой амплитуды и частоты (VCO) это осциллятор, как и модуль Master Signals, но он отличается следующими характеристиками:

- модуль VCO имеет только два выхода (1 аналоговый и 1 цифровой), тогда как модуль Master Signals имеет шесть (3 аналоговых и 3 цифровых);
- выходная частота модуля является регулируемой, тогда как выходная частота модуля Master Signals фиксирована (2 кГц, 8 кГц и 100 кГц).

4.1 Работа генератора регулируемой амплитуды

Произведите предварительную настройку модуля VCO:

- установите регулятор *Gain* приблизительно на середину его оборота.
 - установите регулятор *Frequency Adjust* приблизительно на середину его оборота.
 - установите переключатель *Range модуля* на позицию LO.
1. Соедините устройства как показано на рисунке 4.1.

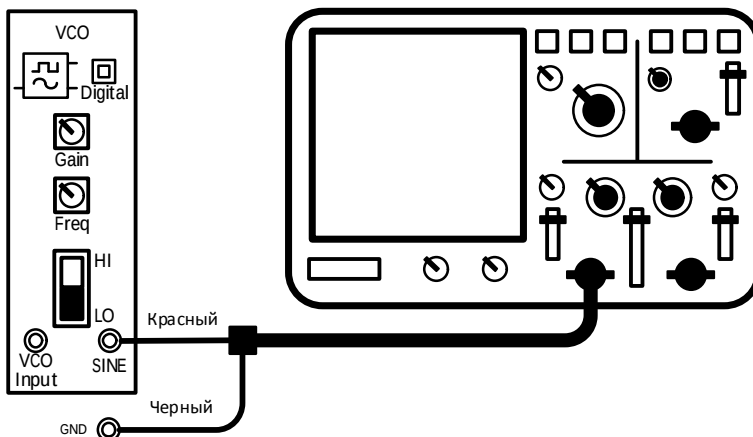


Рисунок 4.1 – Соединение устройств

Соединение на рисунке 4.1 может быть представлено блок-схемой, которая изображена на рисунке 4.2.



Рисунок 4.2 – Блок-схема

2. Включите осциллограф, дайте ему прогреться. Убедитесь, что:

- включен канал CH1;
- стенд ЕТТ подключен ко входу осциллографа CH1.

3. Выполните авто настройку:

- нажмите кнопку AUTO на лицевой панели;
- уберите с экрана меню авто настройки кнопкой MENU ON/OFF.

4. Измерьте амплитуду (пиковая) выхода *SINE* модуля VCO. Запишите полученное значение в таблицу 4.1.

Примечание. Указания по измерении амплитуды сигнала приведены в **лабораторной работе №1**.

Таблица 4.1 – Амплитуда

	<i>Выходное напряжение</i>
<i>Выход SINE</i>	

Попросите преподавателя проверить результаты вашей работы, прежде чем продолжить.

5. Поверните регулятор Frequency Adjust модуля VCO полностью против часовой стрелки.

6. Выполните настройку регулятором Horizontal так, чтобы увидеть на экране два или более циклов сигнала.

7. Измерьте период сигнала и используя его вычислите частоту. Запишите частоту в таблицу 4.2.

Примечание. Указания по измерению периода сигнала и/или его частоты приведены в **лабораторной работе №1**.

8. Поверните регулятор Frequency Adjust модуля VCO полностью по часовой стрелке.

9. Выполните настройку регулятором *Horizontal* так, чтобы увидеть на экране два или более циклов сигнала.

10. Измерьте период сигнала и вычислите его частоту. Запишите результат в таблицу 4.2.

11. Установите регулятор Range модуля VCO на позицию HI.

12. Повторите шаги **6 - 11**.

Таблица 4.2 – Частота сигнала

	<i>Минимальная частота</i>	<i>Максимальная частота</i>
<i>RANGE на LO</i>		
<i>RANGE на HI</i>		

Попросите преподавателя проверить результаты вашей работы, прежде чем продолжить.

Как видно, выходная частота модуля VCO может быть изменена вручную, используя регулятор *Frequency Adjust*. Частота также может быть изменена электронным способом, изменением величины напряжения, подаваемого на вход *INPUT*. Далее показано, как это сделать, используя модуль Variable DCV.

13. Установите регулятор VOC модуля Variable DCV приблизительно на середину оборота.

14. Соедините устройства как показано на рисунке 4.3.

Примечание. Вставьте черные штекера кабелей осциллографа в гнездо заземления (*GND*).

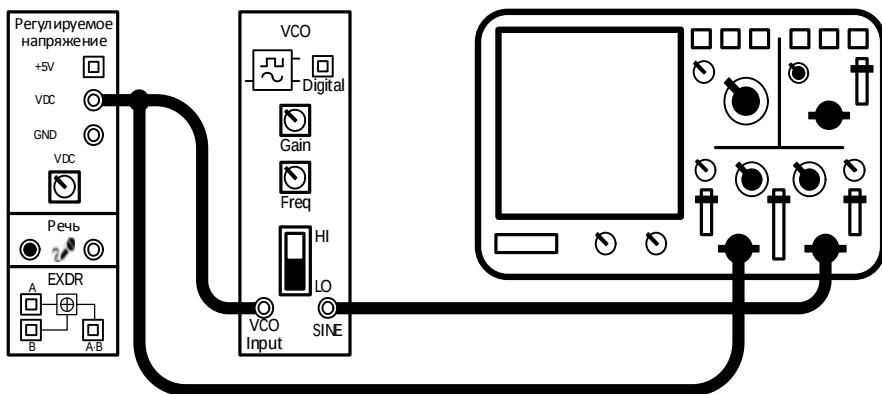


Рисунок 4.3 – Соединение устройств

Это соединение может быть представлено блок-схемой, которая изображена на рисунке 4.4.

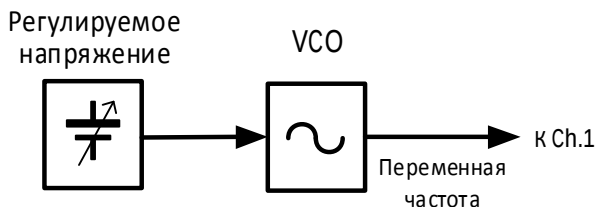


Рисунок 4.4 – Блок-схема

15. Выполните авто настройку:

- нажмите кнопку AUTO на лицевой панели;
- уберите с экрана меню авто настройки кнопкой MENU ON/OFF.

16. Установите регулятором Vertical Канала 2 осциллографа значение CH2=2V.

17. Поверните регулятор VDC модуля Variable DCV по часовой стрелке и наблюдайте изменения на экране осциллографа.

18. Возвратите регулятор VDC модуля Variable DCV приблизительно на середину его оборота, затем поверните его против часовой стрелки и вновь наблюдайте изменения.

Попросите преподавателя проверить результаты вашей работы, перед завершением.

Содержание письменного отчета:

- ход работы;
- графическое изображение всех этапов работы;
- основные схемы соединений;
- заполненные таблицы;
- результаты произведенных вычислений, полученные в ходе выполнения работы;
- ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы.

1. Что происходит с выходом VDC модуля Variable DCV когда вы поворачиваете регулятор VDC по часовой стрелке?

2. Что происходит с частотой выхода модуля VCO, когда вы поворачиваете регулятор VDC по часовой стрелке?

3. Что происходит с выходом VDC модуля Variable DCV, когда вы поворачиваете регулятор VDC против часовой стрелки?

4. Что происходит с частотой выхода модуля VCO, когда вы поворачиваете регулятор VDC против часовой стрелки?

5 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5

«Моделирование уравнений на стенде Telecoms-Trainer 101»

Цель работы: научиться моделировать уравнения используя Emona Telecoms-Trainer 101 и реализовать два относительно простых уравнения.

В ходе работы используется следующее оборудование:

- стенд Emona Telecoms-Trainer 101;
- двухканальный 100 МГц осциллограф;
- два соединительных провода для осциллографа;
- комплект соединительных проводов Emona Telecoms-Trainer.

Поведение всех коммуникационных систем может быть описано математическими уравнениями, которые Вы можете моделировать с помощью Emona Telecoms-Trainer 101.

5.1 Теоретические сведения

Сдвиг фаз – разность между начальными фазами двух переменных величин, изменяющихся во времени периодически с одинаковой частотой.

Сдвиг фаз является величиной безразмерной и может измеряться в градусах, радианах или долях периода. В электротехнике сдвиг фаз между напряжением и током определяет коэффициент мощности в цепях переменного тока.

Два сигнала, **не совпадающих по фазе на 180°** , не совпадают на половину цикла. Это показано на рисунке 5.1. Как видно, два сигнала всегда перемещаются в противоположном направлении. Таким образом, когда волна первого сигнала поднимается, другая идет вниз (и наоборот).

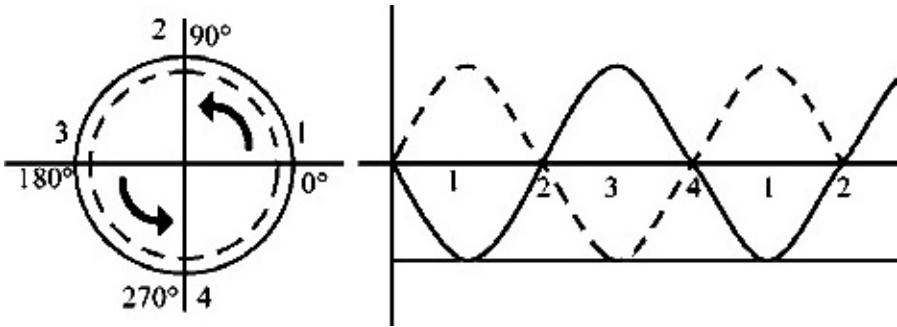


Рисунок 5.1 – Сдвиг фаз

5.2 Часть 1. Модуль - Adder

В этой части работы вы будете использовать модуль Adder, чтобы сложить два электрических сигнала вместе. В виде уравнения запишем это так:

Выход модуля Adder = Сигнал A + Сигнал B

1. Установите регуляторы G и g модуля Adder приблизительно на середину оборота.
2. Соедините устройства, как показано на рисунке 5.2.

Примечание. Вставьте черные штекера кабелей осциллографа в гнездо заземления (GND).

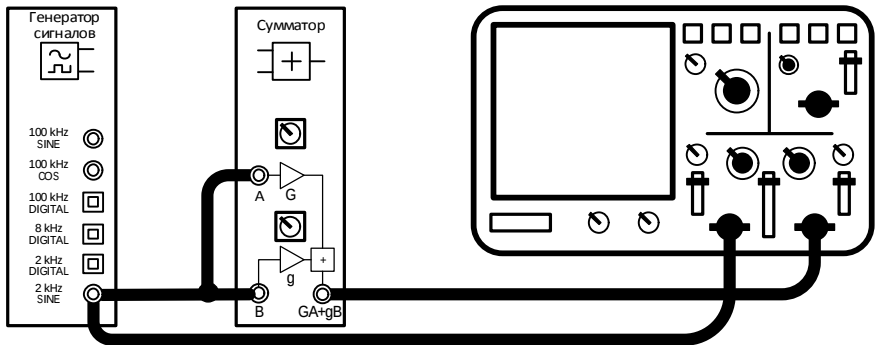


Рисунок 5.2 – Соединение устройств

Это соединение может быть представлено блок-схемой, которая изображена на рисунке 5.3.

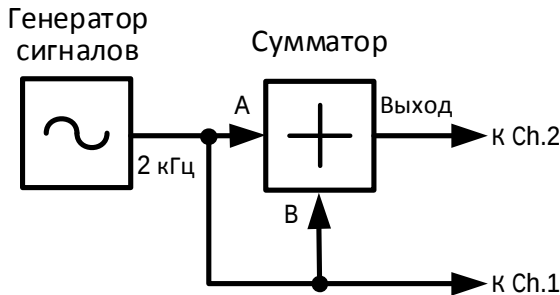


Рисунок 5.3 – Блок-схема

3. Включите осциллограф, дайте ему прогреться.

4. Выполните авто настройку:

– нажмите кнопку AUTO на лицевой панели;

– уберите с экрана меню авто настройки кнопкой MENU ON/OFF.

5. Выполните настройку регулятором Horizontal так, чтобы увидеть на экране два или более циклов сигнала с выхода 2kHz SINE модуля Master Signals.

6. Отсоедините кабель от входа B модуля Adder.

7. Измерьте амплитуду сигнала на выходе 2kHz SINE модуля Master Signals. Запишите получившееся значение в таблицу 5.1.

Примечание. Процедура измерения амплитуды сигнала описана в **лабораторной работе №1**.

8. Установите регулятор G модуля Adder таким образом, чтобы выходное напряжение равнялось входному напряжению модуля (измеренному на шаге 7).

Примечание. Коэффициент усиления на выходе A будет равным 1.

9. Отсоедините кабель модуля Master Signals от входа A и подсоедините к B модуля Adder.

10. Установите регулятор g модуля Adder таким образом, чтобы выходное напряжение равнялось входному напряжению модуля (измеренному на шаге 7).

Примечание. Коэффициент усиления на выходе В будет равным 1. А значит, оба тракта модуля Adder будут иметь одинаковое усиление.

11. Вновь подключите кабель ко входу А модуля Adder. Кабель к В оставить включенным.

12. Измерьте суммарное напряжение на выходе и запишите результат в таблицу 5.1.

Получим соединение, изображенное на рисунках 5.2 и 5.3.

Отметим, что два входа модуля Adder являются одним и тем же сигналом – $4V_{p-p}$ 2 кГц синусоидой. Подставив это значение, получим уравнение:

$$\text{Выход Adder} = 4V_{p-p} (\text{синус на } 2 \text{ кГц}) + 4V_{p-p} (\text{синус на } 2 \text{ кГц})$$

Решив уравнение, получаем:

$$\text{Выход Adder} = 8V_{p-p} (\text{синус на } 2 \text{ кГц})$$

То есть на экране мы должны увидеть входной сигнал (CH2), увеличенный в 2 раза.

Таблица 5.1 – Суммарное напряжение

<i>Входное напряжение</i>	<i>Выходное напряжение</i>

Попросите преподавателя проверить результаты вашей работы, прежде чем продолжить.

5.3 Часть 2. Сложение сигналов и смещение по фазе

В следующей части вы сложите два электрических сигнала вместе, но один из них будет смещен по фазе. Это можно представить таким математическим выражением:

$$\text{Выход модуля Adder} = \text{Сигнал А} + \text{Сигнал (со сдвигом по фазе)}$$

1. Установите переключатель Phase модуля Phase Shifter на позицию 180°.

2. Установите регулятор Phase приблизительно на середину его оборота.
3. Соедините устройства как показано на рисунке 5.4.

Примечание. Вставьте черные штекера кабелей осциллографа в гнездо заземления (GND).

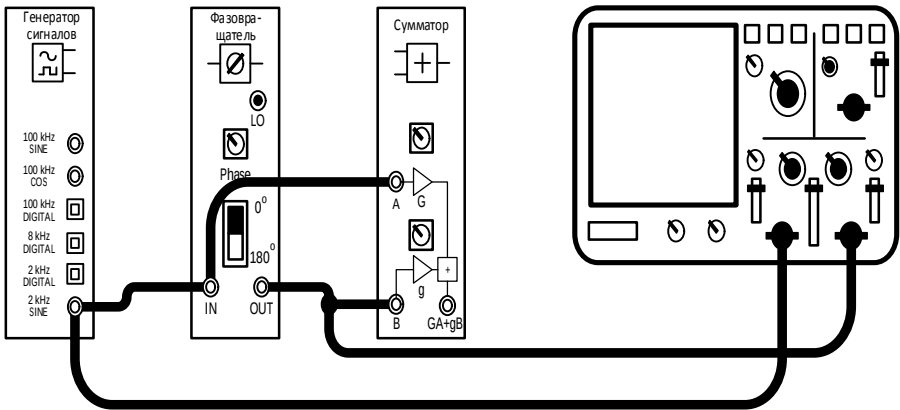


Рисунок 5.4 – Соединение устройств

Это соединение может быть представлено блок-схемой, которая изображена на рисунке 5.5.

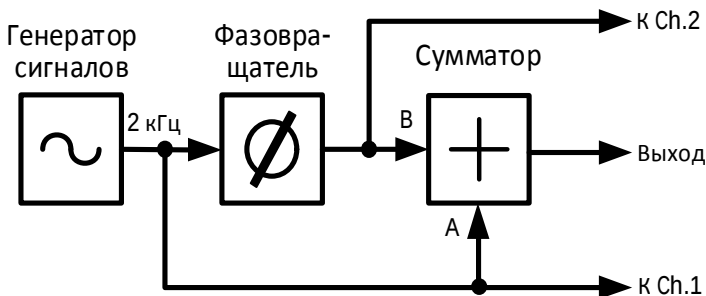


Рисунок 5.5 – Блок схема соединения

На оба входа модуля Adder подается один и тот же сигнал – синусоида $4V_{p-p}$ 2кГц . Подставив значение напряжения получим уравнение:

Выход модуля Adder = $4V_{p-p}$ (синус на 2кГц) + $4V_{p-p}$ (синус на 2кГц со сдвигом по фазе)

Два сигнала имеют одну и ту же частоту и амплитуду. Если сдвиг фаз между ними составит ровно 180° , то их напряжения в любой точке будут всегда противоположными. Например, когда одна синусоида равна $+1V$, другая будет равна $-1V$. Следовательно, решив указанное выше уравнение, мы получим:

Выход модуля Adder = $0V_{p-p}$

Проверим, увидим ли мы это на практике.

4. Выполните авто настройку:

- нажмите кнопку AUTO на лицевой панели;
- уберите с экрана меню авто настройки кнопкой MENU ON/OFF.

5. Вращайте регулятор *Phase*, пока не увидите, что два сигнала совпали по фазе на 180° , как на рисунке 5.6.

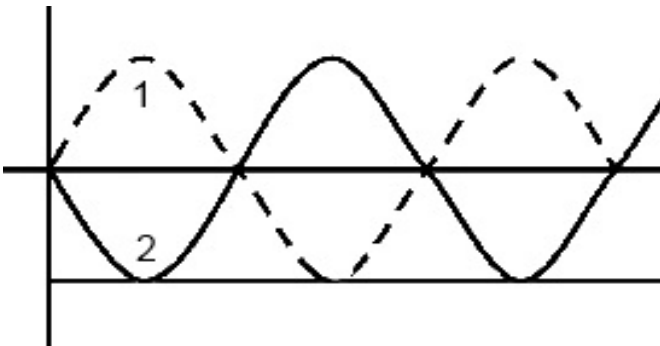


Рисунок 5.6 – Изменение фазы

6. Отсоедините кабель второго канала осциллографа (CH2) от выхода модуля Phase Shifter и подключите его к выходу модуля Adder.

7. Выполните авто настройку:

- нажмите кнопку AUTO на лицевой панели;
- уберите с экрана меню авто настройки кнопкой MENU ON/OFF.

8. Измерьте амплитуду на выходе модуля Adder. Запишите полученное значение.

Примечание. Процедура измерения амплитуды сигнала описана в **лабораторной работе №1.**

Попросите преподавателя проверить результаты вашей работы, прежде чем продолжить.

5.4 Часть 3. Усиление сигнала

Следующие шаги позволят настроить модули *Adder* и *Phase Shifter* так, чтобы значение напряжения на выходе было равно приблизительно 0 вольт.

1. Установите регулятором Vertical Канала 2 осциллографа значение CH2=2V.
2. Поверните регулятор Phase модуля Phase Shifter в лево, замет в право и наблюдайте эффект на экране осциллографа.
3. Отрегулируйте регулятором Phase смещение фазы так, чтобы получить минимальное выходное напряжение.
4. Поверните регулятор *g* модуля *Adder* в лево, а затем вправо и наблюдайте эффект.
5. Установите регулятором *g* модуля *Adder* такое усиление, чтобы получить минимальное напряжение на выходе.

Попросите преподавателя проверить результаты вашей работы, прежде чем закончить.

Содержание письменного отчета:

- ход работы;
- графическое изображение всех этапов работы;
- основные схемы соединений;
- заполненные таблицы;

- результаты произведенных вычислений, полученные в ходе выполнения работы;
- ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы.

1. Равно ли измеренное в 1 части работы (пункт 12) выходное напряжение модуля *Adder* точно $8V_{p-p}$? Если не равно, то какие могут быть причины этого?
2. Каковы две причины для этого?
3. Какие две причины того, что во второй части работы мы получили напряжение на выходе не равное $0V$?
4. Что можно сказать о сдвиге фаз между сигналами на двух входах модуля *Adder*? после выполнения действий, описанных в пункте 5.3?
5. Что можно сказать об усилении двух входов модуля *Adder* после выполнения действий, описанных в 3 части работы (пункт 5)?

6 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6

«Амплитудная модуляция и демодуляция АМ сигналов»

Цель работы: изучение принципов амплитудной модуляции и демодуляция сигналов на стенде Emona Telecoms-Trainer 101.

В ходе работы используется следующее оборудование:

- стенд Emona Telecoms-Trainer 101;
- двухканальный 100 МГц осциллограф;
- два соединительных провода для осциллографа;
- комплект соединительных проводов Emona Telecoms-Trainer.

6.1 Теоретические сведения

DSBSC (double sideband suppressed carrier) – передача с двумя боковыми и подавлением несущей. Разновидность амплитудной модуляции с использованием балансного модулятора. Характеризуется полным подавлением несущей и наличием в спектре только боковых частот.

Амплитудная модуляция (метод 2). Усилитель класса С является популярной схемой для промышленной реализации амплитудной модуляции сигнала высокого уровня (то есть, модуляции на последнем этапе передатчика).

Принципиальное преимущество усилителя класса С является его эффективность, которая теоретически может достигать 90%.

Когда усилитель класса С работает на глубине модуляции ниже 100%, работа схемы соответствует уравнению:

$$AM = (DC + \text{сообщение}) * \text{несущая частота}.$$

Используя тригонометрические преобразования, это уравнение можно представить в виде:

$$AM = (\text{сообщение} * \text{несущая частота}) + \text{несущая частота}.$$

Первую часть уравнения, можно представить, как математическую модель DSBSC модуляции. В таком случае, мы можем переписать уравнение в виде:

$$AM = DSBSC * \text{несущая частота}.$$

Данное уравнение предоставляет нам альтернативный способ реализации амплитудной модуляции: сначала следует сгенерировать сигнал DSBSC а затем добавить к нему несущую частоту.

Отметим, что особенно важным является соотношение фаз между несущей частотой, которая используется для генерации сигнала DSBSC, и добавленной в DSBSC сигнал. Фаза несущей, добавленной в DSBSC сигнал должна быть идентична фазе несущей, используемой для генерации DSBSC сигнала. Они должны соответствовать фазе амплитудной модуляции результирующего сигнала.

Каковы последствия любой фазовой ошибки между двумя несущими частотами?

Во-первых, форма получаемого сигнала показывает приблизительное значение амплитудной модуляции. Важно то, что огибающие линии (они же **конверты**) сигнала модуляции уже не соответствуют входящему сигналу. Следовательно, он не может быть восстановлен с помощью детектора конвертов (envelope detector).

Во-вторых, индекс модуляции («m») сигнала больше не является действительным показателем для последующих расчётов распределения мощности между несущей частотой и боковой частотой.

Для **демодуляции AM сигналов** может быть использован Детектор конвертов. Однако, это не единственный метод. Так же может быть использовано устройство обнаружения (product detector).

В этой работе вы будете использовать ЕТТ-101 для генерации DSBSC сигнала и добавления к нему несущей частоты. Однако, это автоматически не превращает DSBSC в AM сигнал. Поэтому, после добавления несущей частоты необходимо будет выполнить корректировку фазы.

После этого, вы с помощью устройства обнаружения, восстановите сообщение из сигнала AM, показав этим, что его использование не ограничивается демодуляцией DSBSC и SSBSC сигналов.

Затем вы продемонстрируете, что возможно восстановить исходное сообщение из перемодулируемых (over-modulated) AM сигналов.

6.2 Часть 1. Генерация DSBSC сигнала

Для генерации AM сигнала вам необходим DSBSC сигнал. Для того, чтобы получить данный сигнал, необходимо выполнить следующие действия:

1. Соедините оборудование как показано на рисунке 6.1.

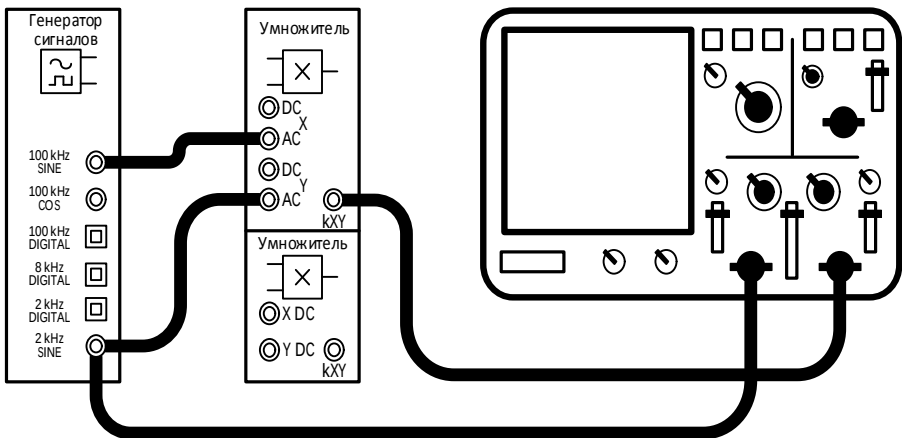


Рисунок 6.1 – Соединение оборудования

Это соединение может быть представлено блок-схемой, изображенной на рисунке 6.2. В этом случае используется 2 кГц синусоидальный сигнал для генерации DSBSC и 100 кГц в качестве несущей частоты.

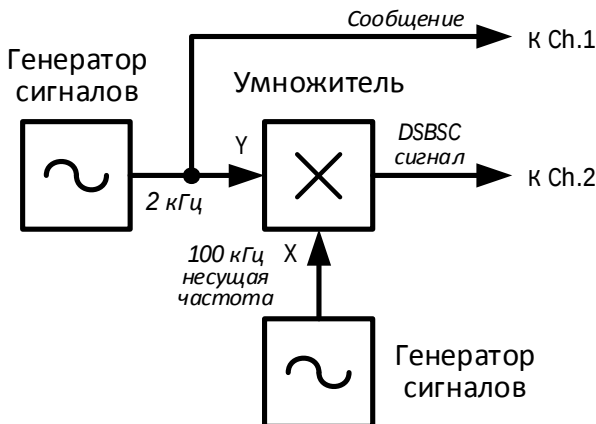


Рисунок 6.2 – Блок-схема соединения

2. Убедитесь, что включены каналы осциллографа CH1 и CH2.
3. Выполните авто настройку:
 - нажмите кнопку *AUTO* на лицевой панели;
 - уберите с экрана меню авто настройки кнопкой *MENU ON/OFF*.
4. Выполните настройку регулятором *Horizontal* так, чтобы увидеть на экране два или более циклов сигнала.

Примечание. Вы увидите на экране DSBSC сигнал, выходящий из умножителя и сигнал изначального сообщения (если всё настроено правильно, чередующиеся половины конверта сигнала DSBSC должны сформировать копию сообщения).

Попросите преподавателя проверить результаты вашей работы, прежде чем продолжить.

6.3 Часть 2. Добавление несущей частоты к DSBSC сигналу

В данной части Вы добавите несущую частоту в DSBSC сигнал, используя модуль Adder. Однако, сигнал на выходе модуля Adder не будет АМ сигналом.

1. Установите переключатель *Phase* модуля Фазовращатель на позицию 0° .
2. Установите регулятор *Phase* приблизительно на середину его оборота.
3. Установите регуляторы *g* и *G* модуля Сумматор (Adder) приблизительно на середину их оборота.
4. Измените схему подключения блоков как показано на рисунке 6.3.

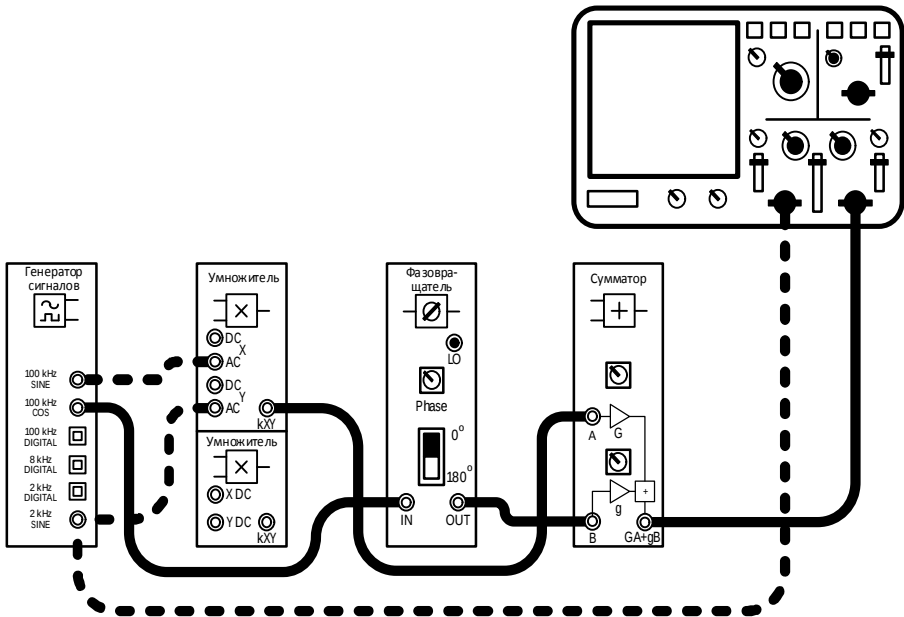


Рисунок 6.3 - Измененная схема подключения

Данное соединение может быть представлено блок-схемой, которая показана на рисунке 6.4.

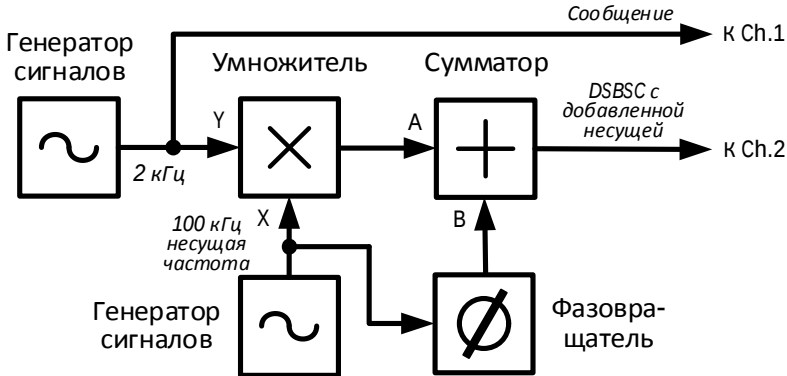


Рисунок 6.4 - Блок-схема

5. Выполните авто настройку:

– нажмите кнопку *AUTO* на лицевой панели;

– уберите с экрана меню авто настройки кнопкой *MENU ON/OFF*.

6. Пронаблюдайте сигнал с выхода модуля Сумматор на экране осциллографа (Ch.2).

Примечание. Вы заметите, что сигнал на выходе похож на сигнал АМ с необычным конвертом.

Попросите преподавателя проверить результаты вашей работы, прежде чем продолжить.

6.4 Часть 3. Регулировка сигнала амплитудной модуляции

Обратите внимание, что на рисунке 6.3 выход 100 кГц COS генератора опорных сигналов (модуль Master Signals) используется для суммирования несущей DSBSC сигнала, а также соединён со входом В сумматора (модуля Adder) через фазовращатель (Phase Shifter).

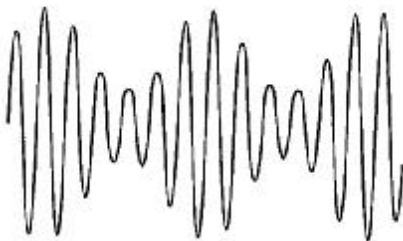
Напомним, что фаза несущей, добавленной в DSBSC сигнал должна быть идентична фазе несущей, используемой для генерации DSBSC сигнала. Две несущих автоматически удовлетворяют

условиям, поскольку они генерируются одним источником. Однако, они проходят разные пути к сумматору: одна – напрямую, а другая – через умножитель. Более того, сумматор может вносить (стабильно) маленькое неизвестное смещение фазы.

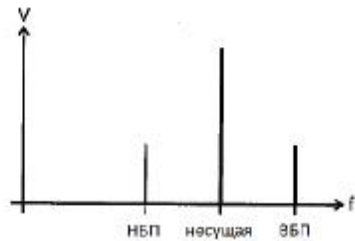
Вследствие этого, нет никакой гарантии, то одна несущая будет подавлена, а другая будет вставлена с необходимым значением фазы. Потенциальная ошибка между несущими моделируется путём использования 100 кГц COS выхода генератора опорных сигналов вместо 100 кГц SINE выхода, используемого для генерации DSBSC сигнала.

Для корректировки потенциальных фазовых ошибок, необходимо добавить цепь фазового сдвига на вход несущей сумматора. В нашем случае, это моделируется фазовращателем.

Когда несущая является одиночной синусоидой получим сигнал, показанный на рисунке 6.5а и его спектральное представление на рисунке 6.5б.



а)



б)

Рисунок 6.5 – Сигнал а) и его спектральное представление б)

Когда коэффициент модуляции АМ сигнала является 1 (или 100%), его боковые полосы частот имеют объединенную амплитуду, равную амплитуде несущей частоты. Это создает АМ сигнал, изображённый на рисунке 6.6, где противоположные огибающие, соприкасаются.

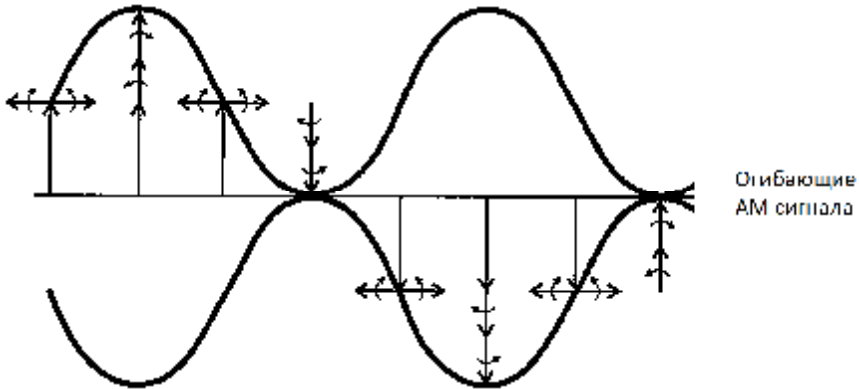


Рисунок 6.6 – Огибающие АМ сигнала

Когда DSBSC сигнал имеет несущую частоту, внесенную после генерации, это соприкосновение огибающих возможно только для двух состояний: амплитуда внесенной несущей частоты должна быть равна объединенной амплитуде боковых полос или фаза внесенной несущей частоты должна быть идентичной фазе несущей частоты, используемой для генерации DSBSC сигнала. Получим метод приравнивания фазы двух несущих.

1. Отключите соединительный провод от входа А модуля Adder. (это удалит сигнал DSBSC с выхода сумматора)
2. Настройте регулятор g модуля Adder для получения $4V_{p-p}$ на выходе.

Примечание. Выход сумматора наблюдается на втором канале осциллографа. Методика измерения амплитуды сигнала описана в лабораторной работе №1.

3. Вновь подключите соединительный провод ко входу А модуля Adder.
4. Отключите соединительный провод от входа В сумматора (это удалит добавленную несущую с выхода сумматора).
5. Настройте регулятор G сумматора для получения на выходе $4V_{p-p}$.

6. Вновь подключите соединительный провод ко входу В сумматора (амплитуда внесенной несущей частоты и объединенная амплитуда боковых полос будут одинаковы)

7. Выполните настройку регулятором *Horizontal* так, чтобы увидеть на экране два или более циклов сигнала.

8. Аккуратно вращайте регулятор *Phase* модуля Phase Shifter, чтобы достичь требуемого соприкосновения огибающих на выходе сумматора.

Попросите преподавателя проверить результаты вашей работы, прежде чем продолжить.

9. Измените подключение осциллографа, согласно рисунку 6.7.

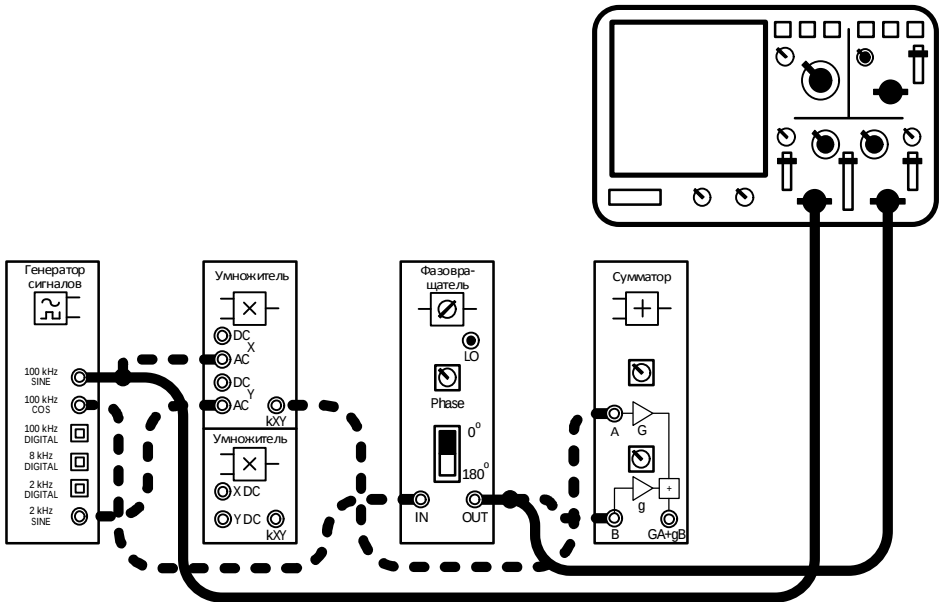


Рисунок 6.7 – Подключение осциллографа

Блок-схема соединения оборудования изображена на рисунке 6.8.

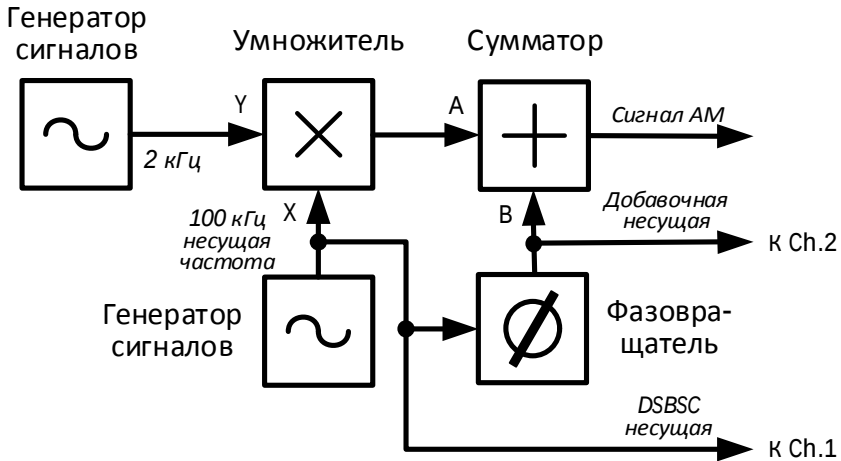


Рисунок 6.8 – Блок-схема

10. Выполните авто настройку:

- нажмите кнопку *AUTO* на лицевой панели;
- уберите с экрана меню авто настройки кнопкой *MENU*

ON/OFF.

11. Выполните настройку регулятором *Horizontal* так, чтобы увидеть на экране два или более циклов сигнала.

Примечание. Обратите внимание, что несущая находится не в фазе.

Попросите преподавателя проверить результаты вашей работы, прежде чем продолжить.

12. Поверните регулятор *VDC* модуля *Variable DCV* по часовой стрелке на 30 градусов относительно его центрального положения.

13. Измените подключение, согласно рисунку 6.9.

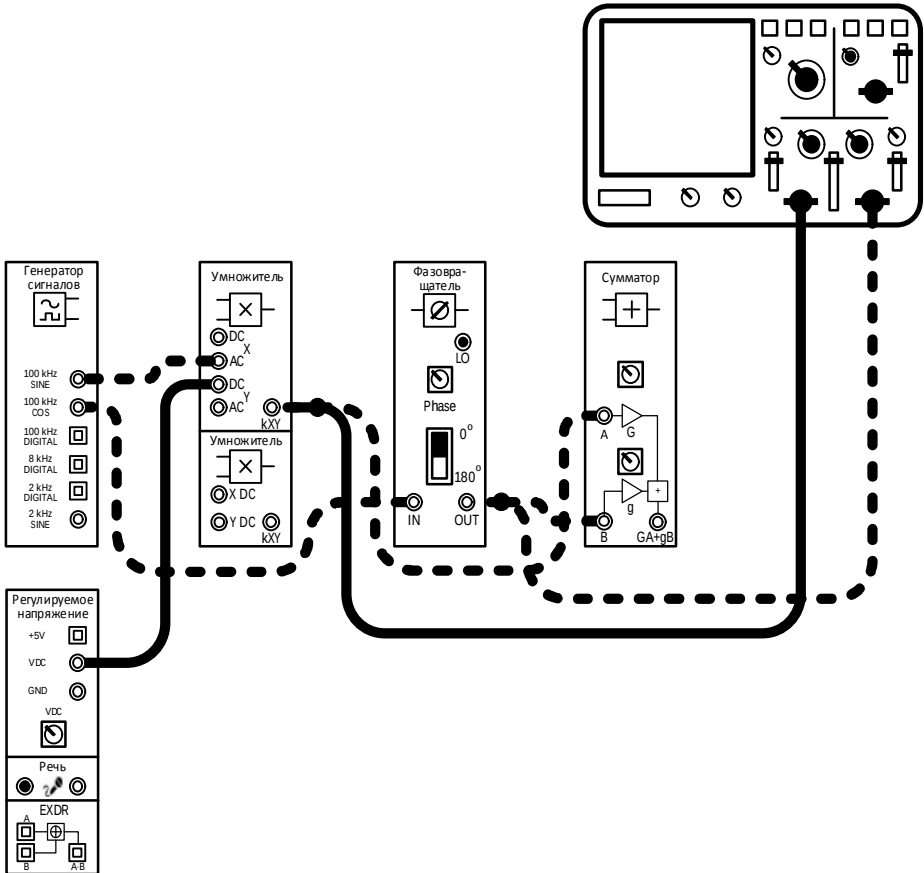


Рисунок 6.9 – Изменение соединения

Блок-схема данного измененного соединения изображена на рисунке 6.10.

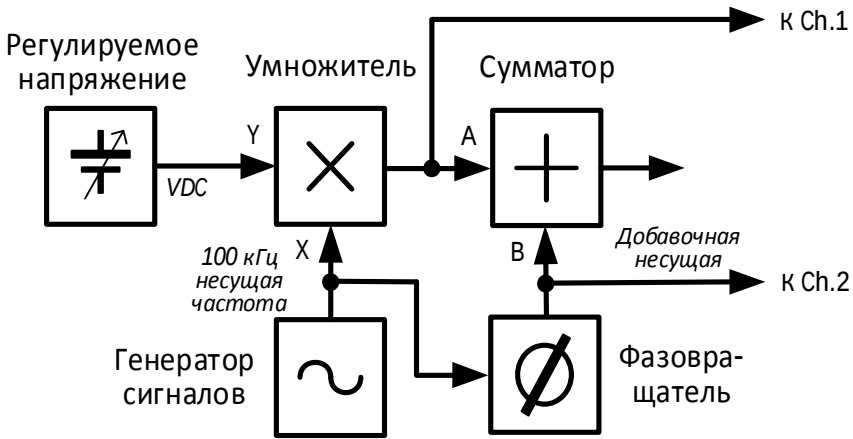


Рисунок 6.10 - Блок-схема

При умножении 100 кГц несущей частоты на постоянное напряжение, только одна боковая полоса будет иметь ту же частоту, что и подавленная несущая.

Также она будет иметь ту же самую фазовую зависимость, что и подавляющая несущая частота, поэтому может быть использована для определения фазового отношения между выходом фазовращателя (модуль Phase Shifter) и подавленной несущей DSDSC сигнала.

14. Выполните авто настройку:

- нажмите кнопку *AUTO* на лицевой панели;
- уберите с экрана меню авто настройки кнопкой *MENU ON/OFF*.

15. Выполните настройку регулятором Horizontal так, чтобы увидеть на экране два или более циклов сигнала.

16. Сравните сигналы – они должны быть в фазе.

Попросите преподавателя проверить результаты вашей работы, прежде чем продолжить.

6.5 Часть 4. Демодуляция АМ сигналов

Название детектора произведения подразумевает, что его выход это умножение его входов. Когда имеется на входах АМ сигнал и локальная несущая, процесс демодуляции может быть математически записан так:

Выход детектора = АМ сигнал * локальную несущую частоту

Поскольку АМ сигнал может быть выражен как сумма НБП (нижняя боковая полоса), несущей и ВБП (верхняя боковая полоса), то уравнение может быть записано как:

Выход детектора = (НБП + несущая + ВБП) * локальную несущую

Если сигнал, используемый для генерации АМ сигнала, является обычной синусоидой, то его верхние и нижние боковые полосы частот также имеют вид синусоиды. НБП может быть записана как [частота несущей – сообщение], а ВБП – [частота несущей + сообщение]. Другими словами, это выражение может быть записано так:

Выход = [(несущая – сообщение) + несущая + (несущая + сообщение)] * локальную несущую

Когда две чистых синусоидальных волны умножаются друг на друга, результат дает две абсолютно новые синусоидальные волны:

- одна с частотой равной сумме частот этих двух сигналов;
- вторая с частотой равной разности между частотами этих двух сигналов.

Заметим, что обе синусоиды совпадают по частоте с сообщением. То есть, детектор может восстанавливать сообщения АМ сигнала так же хорошо, как и DSBSC и SSBSC сигналы. Если исходная и локальная несущие частоты одинаковы по частоте и фазе, то детектор их сложит и сформирует одну большую копию сообщения.

Что бы детектор произведения не генерировал другие синусоидальные волны, не относящиеся к сообщению, пропустим выходной сигнал через фильтр низких частот.

Данная часть работы позволит вам восстановить сообщение из ранее сгенерированного АМ сигнала, используя детектор произведения.

1. Переподключите блоки, согласно рисунку 6.11.

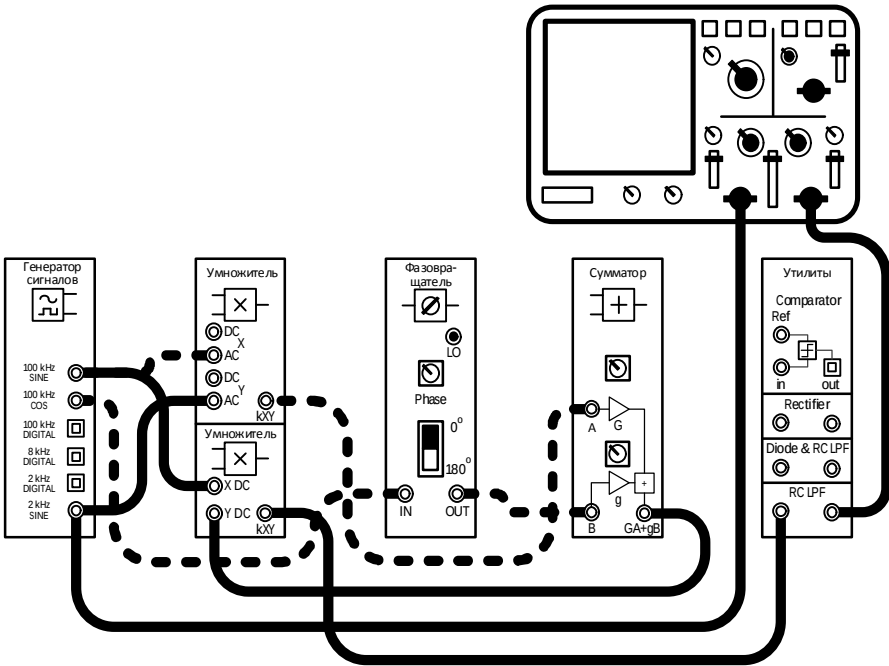


Рисунок 6.11 – Подключение блоков

Блок-схема представлена на рисунке 6.12. Модули Multiplier и RC LPF составляют детектор произведения с локальной несущей «украденной» из генератора (модуль Master Signals) так, что она синфазна (находится в фазе) с несущей частотой АМ сигнала.

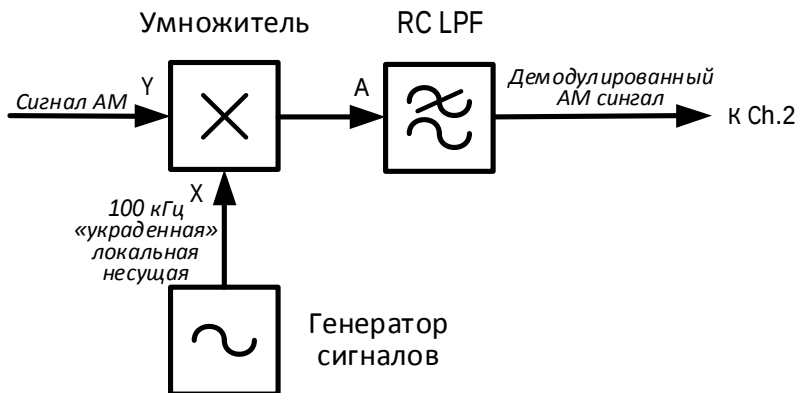


Рисунок 6.12 - Блок-схема

2. Выполните авто настройку:
 - нажмите кнопку *AUTO* на лицевой панели;
 - уберите с экрана меню авто настройки кнопкой *MENU ON/OFF*.
3. Выполните настройку регулятором *Horizontal* так, чтобы увидеть на экране два или более циклов сигнала.
4. Сравните оригинальное сообщение с выходом детектора.

Примечание. Если все выполнено правильно, сигнал на выходе детектора будет копией исходного сообщения (не смотря на фазовый сдвиг).

Попросите преподавателя проверить результаты вашей работы, прежде чем продолжить.

Примечание. Существует заблуждение о том, что если АМ сигнал хотя бы один раз перемодулирован, то сообщение уже невозможно восстановить.

Однако, когда АМ сигнал генерируется с использованием идеального или близкого к идеальному модулятора (как в нашем случае) это утверждение. А значит, что детектор может восстанавливать сообщения перемодулированных сигналов. Это будет доказано далее.

5. Подсоедините первый канал осциллографа на выход АМ модулятора (выход модуля Adder).

Примечание. Вы должны увидеть на осциллографе 100% модулированный АМ сигнал.

6. Выполните авто настройку:

- нажмите кнопку *AUTO* на лицевой панели;
- уберите с экрана меню авто настройки кнопкой *MENU ON/OFF*.

7. Выключите второй вход осциллографа кнопкой *CH2*.

8. Медленно увеличивайте модуляцию АМ сигнала за пределы 100%, увеличивая усиление входа А сумматора (это возможно благодаря вращению регулятора G по часовой стрелке).

Примечание. После выполнения предыдущего шага вы увидите, что эффект перемодуляции проявился на восстановленном сигнале. Однако, это никак не отразилось на форме сигнала.

Как было сказано в начале работы, коммерческая реализация АМ модуляции обычно для повышения эффективности включает в себя усилитель класса С. Когда усилитель работает на уровне модуляции выше 100%, его работа не соответствует работе идеального АМ модулятора, как это показано в этой работе. В такой ситуации детектор произведения не может быть использован для восстановления сообщения без искажения.

Попросите преподавателя проверить результаты вашей работы, прежде чем закончить.

Содержание письменного отчета:

- ход работы;
- графическое изображение всех этапов работы;
- основные схемы соединений;
- заполненные таблицы;
- результаты произведенных вычислений, полученные в ходе выполнения работы;

— ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы.

1. Дайте определение несущей и модуляции. Приведите примеры.
2. Амплитудная модуляция и ее особенности.
3. Определение и характеристики DSBSC передачи. Математическая модель DSBSC модуляции.
4. Дайте определение огибающих АМ сигнала.
5. Понятие демодуляции АМ сигнала. Математическая запись процесса демодуляции.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акулиничев Ю. П. Теория электрической связи: Учеб. пособие [Текст] / Ю. П. Акулиничев. — СПб.: Изд-во «Лань», 2010. -- 240 с.: ил. — ISBN 978-5-8114-0969-3.
2. Столлингс В. Беспроводные линии связи и сети.: Пер. с англ. [Текст] / В. Столлингс. — М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. — 640 с.
3. Вишневский В. Широкополосные беспроводные сети передачи информации [Текст] / В.Вишневский, А.Ляхов, С.Портной, И.Шахнович. — М.:Эко-Трендз, 2005. — 592 с.
4. Олифер В. Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов [Текст] / В. Г. Олифер, Н. А.Олифер. //— 4-е изд. — СПб.: Питер, 2010. — 944с.: ил.
5. Григорьев В.А. Сети и системы радиодоступа [Текст] / В.А.Григорьев, О.И.Лагутенко, Ю.А.Распаев. — М.:Эко-Трендз, 2005. — 384 с.
6. Нефедов В.И. Основы радиоэлектроники и связи: Учеб. пособие [Текст] / В.И. Нефедов, А.С. Сигов // Под ред. В.И. Нефедова. — М.: Высш. шк., 2009. — 735 с.: ил. — ISBN 978-5-06-006161-1.
7. Биккенин Р. Р. Теория электрической связи : учеб. пособие для студ. высших учебных заведений [Текст] / Р. Р. Биккенин, М. Н. Чесноков. — М. : Издательский центр «Академия», 2010. — 336 с. — ISBN 978-5-7695-6510-6.
8. Сергиенко А. Б. Цифровая обработка сигналов. Учеб. пособие [Текст] / А. Б. Сергиенко. — СПб.: Питер, 2002. — 608 с.: ил. — ISBN 5-318-00666-3.