

# **Программный комплекс «Вектор»**

**Лабораторный практикум  
Работы М1, М2, М3, М4**

<b>Изучение методов векторного синтеза и отображения модулированных сигналов</b>	<b>5</b>
<b>Изучение процесса формирования и особенностей разновидностей QPSK сигнала</b>	<b>9</b>
<b>Изучение методов формирования, обработки и свойств сигнала EDGE</b>	<b>13</b>
<b>Изучение влияния качества квадратурного модулятора на целостность QPSK сигнала</b>	<b>17</b>

Описание лабораторных работ М1 – М4, выполняемых с использованием программного комплекса векторного формирования и анализа сигналов «Вектор»

Описание составил доцент кафедры Радиопередающих устройств Московского технического университета связи и информатики Дингес С.И.

Описание одобрено на заседании кафедры РПДУ,

протокол N \_\_\_\_ от 22 декабря 2009 г.

Заведующий кафедрой Радиопередающих устройств Шахгильдян В.В.

Обновление одобрено на заседании кафедры РОС

протокол N 1 от 30 августа 2016 г.

Заведующий кафедрой РОС Пестряков А.В.

Рекомендовано для направлений: 11.04.01, 11.04.02, 11.03.01, 11.03.02

Рецензент: Иванюшкин Р.Ю., к.т.н., доцент

Введение.....	4
<b>Изучение методов векторного синтеза и отображения модулированных сигналов современных систем связи.....</b>	<b>5</b>
Введение .....	6
Цель работы .....	6
Лабораторное задание .....	6
Содержание отчета .....	7
Контрольные вопросы.....	8
<b>Изучение процесса формирования и особенностей разновидностей QPSK сигнала .....</b>	<b>9</b>
Введение .....	10
Цель работы .....	11
Лабораторное задание .....	11
Содержание отчета .....	12
Контрольные вопросы.....	12
<b>Изучение методов формирования, обработки и свойств сигнала EDGE .....</b>	<b>13</b>
Введение .....	14
Цель работы .....	14
Лабораторное задание .....	14
Содержание отчета .....	15
Контрольные вопросы.....	16
<b>Изучение влияния качества квадратурного модулятора на целостность QPSK сигнала.....</b>	<b>17</b>
Введение .....	18
Цель работы .....	18
Лабораторное задание .....	18
Содержание отчета .....	19
Контрольные вопросы.....	21

## Введение

В данный лабораторный практикум включены лабораторные работы, связанные с изучением различных видов модуляции, трактов обработки модулированных сигналов и отдельных устройств, в частности, модуляторов и демодуляторов.

Все лабораторные работы выполняются с использованием **пакета прикладных программ** программного комплекса «Вектор», предназначенного для векторного формирования (Вектор-VSG) и анализа (Вектор-VSA) сигналов современных систем связи, позволяющего осуществлять векторный синтез и анализ модулированных сигналов и исследовать их свойства.

После выполнения лабораторной работы необходимо подготовить отчет по работе, который **обязательно должен содержать:**

1. Номер и состав бригады, дата выполнения работы.
2. Наименование и цель работы.
3. Полученный общий вид различных форм представления сигнала по пунктам.
4. Анализ полученных результатов по каждому пункту (Объяснение вида полученных характеристик, сравнение полученных графических форм между собой с учетом параметров сигнала и т.д.).
5. Выводы по работе. Анализ полученных результатов моделирования модулированных сигналов (сравнение полученных форм представления сигнала между собой с формулированием вывода о достоинствах и недостатках каждой и т. д.).

### ||| Допускается представление отчета в электронном виде.

В выводах по работе не следует приводить общие рассуждения, общеизвестные сведения и переписывать теоретический материал из книг. Они должны быть конкретными, содержать обсуждение результатов (вида характеристик, значений и параметров), полученных во время выполнения работы. Отчет по работе должен содержать пояснения, необходимые для ясного понимания преподавателем сути выполненной работы и полученных результатов. В нем необходимо приводить ссылки на используемую литературу, в том числе и справочники, помещая номер источника в квадратные скобки.

||| Студенты, представившие отчеты, не отвечающие данным требованиям, к защите не допускаются.

МИНИСТЕРСТВО СВЯЗИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Московский технический университет связи и информатики

---

Кафедра радиопередающих устройств

## **Лабораторная работа М1**

**Изучение методов векторного синтеза и  
отображения модулированных сигналов  
современных систем связи**

Москва 2016

## Введение

Для оценки параметров и качества сформированного в передатчике сигнала, в частности качества модуляции, учета влияния тракта передачи в целом и отдельных его функциональных узлов на качество промодулированного сигнала могут быть использованы различные способы его **отображения – графического представления**:

- **Представление квадратурных компонент IQ сигнала во временной области;**
- **Квадратурное представление отсчетов сигнала в виде набора табличных данных;**
- **Векторная диаграмма (ВД);**
- **Сигнальное созвездие (СС);**
- **Спектральное представление;**
- **Решетчатые диаграммы;**
- Глазковые диаграммы;
- Полярная форма представления модулированного сигнала.

Пакет программ «Вектор» позволяет использовать выделенные курсивом 6 форм отображения сигнала.

## Цель работы

Целью выполнения лабораторной работы является **ознакомление с программами векторного анализа и синтеза сигналов и изучение особенностей различных форм отображения модулированных сигналов** цифровых систем связи, сравнение принципов их практического использования. Задание рассчитано на двухчасовое занятие.

## Лабораторное задание

1. Запустить программу **векторной генерации VSG-ru**. Работу с программой начать с **выбора необходимого вида модуляции (Основное меню/Модуляция)**.

Сформировать с помощью программы модулированный сигнал в соответствии с данными, приведенными в таблице ниже.

Рекомендованные параметры сигнала (*Основное меню/Параметры*):

- Выборок на символ – 16;
- Количество символов – 500;
- Опорный уровень – 0 дБ.

№ бригады	Вид модуляции	Тип фильтра	ВТ / а
1	QPSK	Гауссовский	0,3 / 0,5 / 0,8
2	QPSK	RRC	0,3 / 0,5 / 0,8
3	16PSK	Гауссовский	0,3 / 0,5 / 0,8
4	16QAM	RRC	0,3 / 0,5 / 0,8
5	16QAM	Гауссовский	0,3 / 0,5 / 0,8
6	16PSK	RRC	0,3 / 0,5 / 0,8
7	8PSK	Гауссовский	0,3 / 0,5 / 0,8
8	32QAM	RRC	0,3 / 0,5 / 0,8
9	8PSK	RRC	0,3 / 0,5 / 0,8
10	32QAM	Гауссовский	0,3 / 0,5 / 0,8

Зарисовать общий вид сигнала **без использования предмодуляционного фильтра**, а затем (пункт 2 задания) с фильтром для различных форм представления,

используемых в программе VSG. Для улучшения видимости графиков ВД и СС используйте двойной щелчок манипулятором «мышь» в соответствующем окне.

Запишите параметры сигнала. Обоснуйте целесообразность использования каждой из форм отображения для исследуемого вида модуляции.

- Изменяя параметр предмодуляционного фильтра (*Основное меню/Фильтр; Пуск*), наблюдайте **влияние параметров фильтра на форму векторной диаграммы**. Зарисуйте общий вид ВД и СС для каждого значения параметров. Сделайте выводы по этому пункту.
- Сохраните **файлы отсчетов сигнала** в формате .рсм для сигнала без использования предмодуляционного фильтра, а затем с фильтром, на жестком диске.
- Последовательно введите искажения (*Основное меню/Искажения*) в формируемый **сигнал без предмодуляционной фильтрации** в соответствии с таблицей. Для визуальной оценки степени искажения сигнала используйте формы отображения, наиболее показательные для данного вида искажения. Зарисуйте общий вид формы сигнала с искажениями для **трех случаев**: разбаланс по фазе; дополнительные искажения; разбаланс+дополнительные искажения.

№ бригады	Вид модуляции	Разбаланс по фазе, град	Дополнительно
1	32QAM	30	Шум ГУН = 10 град
2	8PSK	10	Сдвиг по Q=10%, I=20%
3	32QAM	20	Сдвиг по Q=20%, I=15%
4	QPSK	10	Шум ГУН = 15 град
5	QPSK	20	Шум ГУН = 5 град
6	16PSK	20	Шум ГУН = 15 град
7	16QAM	30	Сдвиг по Q=10%, I=20%
8	16QAM	10	Сдвиг по Q=20%, I=15%
9	16PSK	30	Шум ГУН = 15 град
10	8PSK	20	Сдвиг по Q=10%, I=20%

- Снять **временные характеристики квадратурных компонент IQ** для 4 символов сформированного нефигурованного сигнала без искажений, используя в качестве данных псевдослучайную последовательность PRBS9 (*Данные/ПСП/PRBS9*). Определить на векторной диаграмме **координаты сигнальных точек** для каждого символа. Для этого целесообразно использовать собственные данные, вводимые в шаблон данных (*Основное Меню/Данные/Шаблон*), получив сигнальное кодирование, используемое для исследуемого вида модуляции.
- Запустите программу **векторного анализа сигнала VSA-ru**. Поочередно загрузив ранее полученные два файла отсчетов (для сигнала без использования предмодуляционного фильтра, а затем с фильтром), наблюдайте спектры сигналов (*Основное Меню/Просмотр/Спектр/Расчитать*). Зарисуйте общую форму и сравните спектры, сделайте выводы.

### Содержание отчета

- Номер и состав бригады, дата выполнения работы.
- Наименование и цель работы.
- Полученный общий вид различных форм представления сигнала по пунктам.
- Анализ полученных результатов по каждому пункту (Объяснение вида полученных характеристик, сравнение полученных графических форм между собой с учетом параметров сигнала и т.д.).

5. Выводы по работе. Анализ полученных результатов моделирования модулированных сигналов (сравнение полученных форм представления сигнала между собой с формулированием вывода о достоинствах и недостатках каждой и т. д.).

---

### Контрольные вопросы

---

1. Что собой представляют различные способы отображения модулированного сигнала:
  - Представление квадратурных компонент IQ сигнала во временной области;
  - Квадратурное представление отсчетов в виде набора табличных данных;
  - Векторная диаграмма (ВД);
  - Сигнальное созвездие (СС);
  - Спектральное представление;
  - Решетчатые диаграммы;
  - Глазковые диаграммы;
2. В каких ситуациях целесообразно применять каждый из видов отображения сигнала?
3. Каким образом можно экспериментально получить таблицу сигнального кодирования – соответствия точек СС определенным битовым комбинациям?
4. Как влияют параметры предмодуляционного фильтра на вид ВД и СС?
5. Какими параметрами описываются характеристики предмодуляционных фильтров?
6. Как описывается сигнальное кодирование?
7. Что такое гревское сигнальное кодирование? Зачем оно используется?
8. Что такое межсимвольные искажения? Каковы причины их возникновения? Какие виды отображения сигнала можно использовать для их обнаружения?



МИНИСТЕРСТВО СВЯЗИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Московский технический университет связи и информатики

---

Кафедра радиопередающих устройств

Лабораторная работа М2

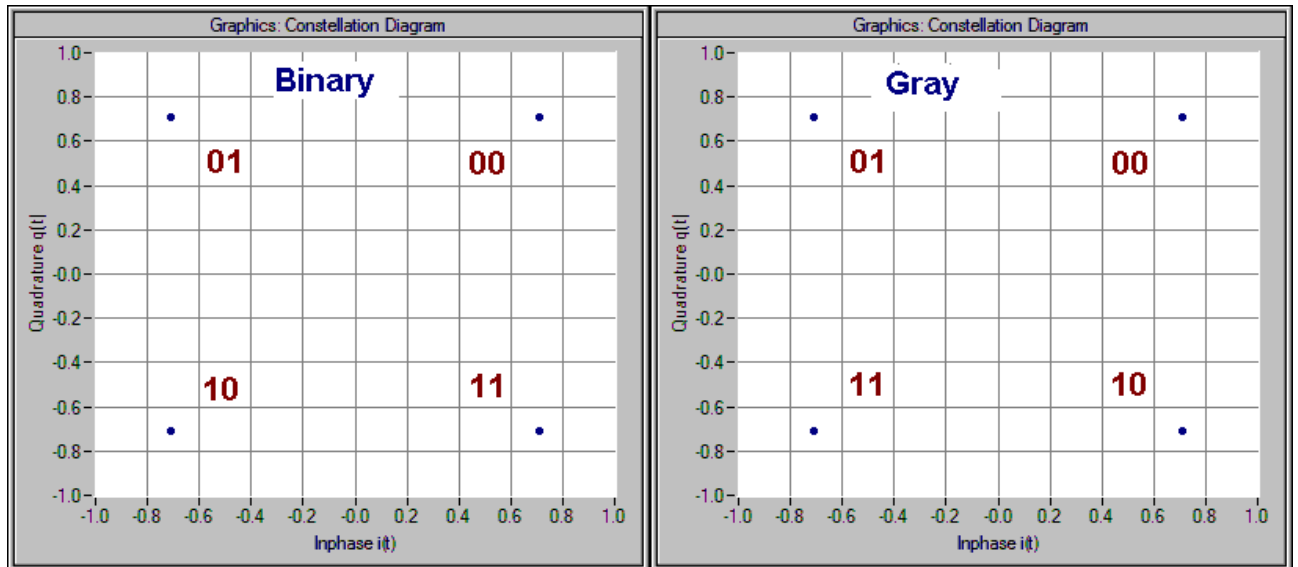
**Изучение процесса формирования и особенностей  
разновидностей QPSK сигнала**

Москва 2016

## Введение

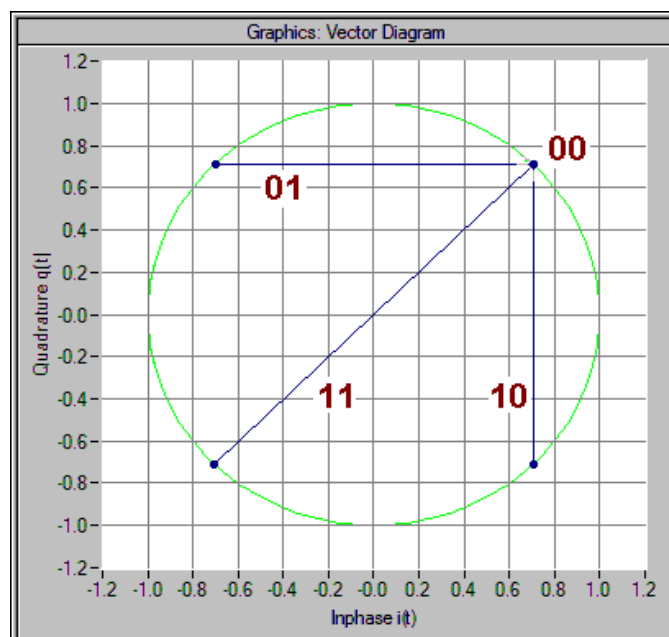
Квадратурная фазовая манипуляция QPSK (*Quadrature Phase Shift Keying, Conventional QPSK, 4-ary PSK*) представляет собой разновидность фазовой модуляции, для которой используется созвездие из четырех сигнальных точек, сдвинутых на фазовой плоскости на 90 градусов.

На практике для формирования QPSK наиболее часто используют две схемы (рис...) **сигнального кодирования (Coding)** устанавливающие по сути дела, соответствие комбинаций исходной битовой последовательности (дибитов) тем или иным точкам созвездия - бинарный или двоичный (*Binary*) и Греевский (*Gray*) .



**Сигнальные созвездия для бинарного (слева) и Греевского (справа) кодирования**

В относительных или дифференциальных видах модуляции, информация закладывается в величину изменения варьируемого параметра несущего колебания от символа к символу. Для **относительной квадратурной модуляции DQPSK** – это изменение фазы колебания.



### Фазовые переходы для DQPSK

По умолчанию, то есть, если это не оговаривается отдельно, для PI/4 DQPSK приняты следующие правила кодирования (*Default modulation mapping*):

Комбинация битов (дубит)	Перемещение сигнальной точки по отношению к предыдущей (Phase difference)
00	$+PI/4$ ( $45^\circ$ )
01	$+3PI/4$ ( $135^\circ$ )
10	$-PI/4$ ( $-45^\circ$ ; $225^\circ$ )
11	$-3PI/4$ ( $-135^\circ$ ; $315^\circ$ )

В квадратурной модуляции со сдвигом QPSK (*Offset QPSK*) разовые (одномоментные) фазовые перемещения сигнальной точки ограничены 90 градусами. Одновременные ее перемещения по I и Q каналам, т.е. переход на 180 градусов невозможны, что исключает перемещение сигнальной точки через нуль.

#### Цель работы

Изучение процесса формирования разновидностей QPSK сигнала и влияния различных факторов на целостность сигнального созвездия.

#### Лабораторное задание

1. Используя программу векторного синтеза сигналов **Вектор-VSG** сформировать сигналы QPSK, OQPSK и PI/4 DQPSK (*Основное меню/Модуляция*)

Использовать четыре символа сигналов при 16SpS (*Основное меню/Параметры*) для указанной в таблице битовой последовательности (*Основное Меню/Данные/Шаблон – вводить данные без пробелов!*) **без использования предмодуляционного фильтра**. Зарисовать вид квадратурных IQ компонентов, фазовую траекторию (*Выпадающее меню в центре окна/Постранично/Фаза и Амплитуда*) и соответствующие векторные диаграммы полученных сигналов для **каждого из видов модуляции**. Записать параметры сформированных сигналов, используя табличное представление данных зафиксировать количество отсчетов формируемого сигнала, сгенерированных программой.

Номер бригады	Информационная последовательность	Тип фильтра
1	00 11 10 01	Гауссовский, BT=0,3
2	00 10 01 11	RRC, a=0,8
3	00 11 01 10	Гауссовский, BT=0,8
4	00 11 10 01	RRC, a=0,5
5	11 01 00 10	Гауссовский, BT=0,3
6	00 11 01 10	RRC, a=0,3
7	11 10 00 01	Гауссовский, BT=0,5
8	01 00 11 10	RRC, a=0,5
9	11 00 10 01	Гауссовский, BT=0,8
10	10 00 11 01	RRC, a=0,8

2. Экспериментально получить использованную в программе **таблицу сигнального кодирования** для сигнала QPSK – соответствие точек CC определенным битовым комбинациям.

3. Включить предмодуляционный фильтр, взяв его параметры из таблицы.

Используя программу векторного синтеза сигналов сформировать **сигнал QPSK с использованием фильтрации** длиной 500 символов при 16 выборках на отсчет, применив ПСП последовательность данных (*Основное Меню/Данные/ПСП/PRBS9*).

4. Получить сигналы **в формате .рсм** для 1000 символов QPSK, PI/4 DQPSK и OQPSK сигналов, применив ПСП последовательности, **без использования предмодуляционного фильтра, а затем с фильтром**. Зарисовать общий вид Векторных Диаграмм получаемых сигналов – всего 6 рисунков. Сохранить на жестком диске файлы отсчетов сигналов в формате *.рст* без использования предмодуляционного фильтра, а затем с фильтром – всего 6 файлов.

5. Запустить программу **векторного анализа сигнала VSA-ru**. Поочередно загрузив ранее полученные шесть файлов отсчетов, пронаблюдать спектр сигналов. При построении спектра необходимо убедиться в корректности используемых параметров сигналов: количества отсчетов на символ (*Основное меню/Параметры сигнала*); количество отсчетов, учитываемых при построении спектра; применяемый при усреднении вид окна (Ханнинг, Гаусс,...) и т.д.

Сравнить спектры, сделать по результатам измерений развернутые выводы. При сравнении полученных спектров зафиксируйте ширину основного лепестка спектра для фильтрованного и нефильтрованного сигналов, уровень подавления боковых лепестков при одинаковых расстройках от центральной (несущей) частоты.

---

### Содержание отчета

---

1. Наименование и цель работы.
2. Полученный общий вид различных форм представления сигнала по пунктам.
3. Анализ полученных результатов по каждому пункту (Объяснение вида полученных характеристик, сравнение полученных графических форм между собой с учетом параметров сигнала и т.д.).
4. Выводы по работе. Анализ полученных результатов моделирования модулированных сигналов (сравнение полученных форм представления между собой с формулированием вывода о достоинствах и недостатках каждой и т. д.).

---

### Контрольные вопросы

---

1. Что такое «офсетные или сдвиговые» виды модуляции? В чем заключаются их основные достоинства и недостатки?
2. Что такое «относительные или дифференциальные» виды модуляции? Назовите их основные достоинства?
3. Чем отличаются основные разновидности QPSK модуляции: OQPSK, PI/4 DQPSK.
4. Перечислите достоинства и недостатки QPSK, OQPSK, PI/4 DQPSK видов модуляции.
5. Правильным ли является утверждение, что при модуляции число градаций изменяемого параметра несущей должно быть равно количеству символов в используемом ансамбле сигналов?
6. Для использования каких видов сигналов важным является знание диаграммы сигнального кодирования, а для каких – алгоритма фазовых переходов?

МИНИСТЕРСТВО СВЯЗИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Московский технический университет связи и информатики

---

Кафедра радиопередающих устройств

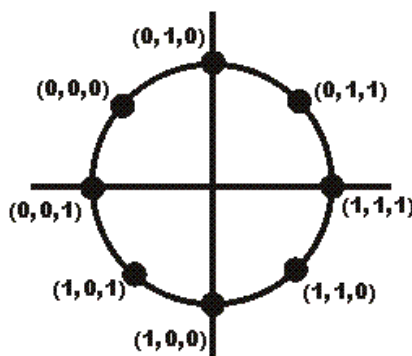
Лабораторная работа МЗ

## **Изучение методов формирования, обработки и свойств сигнала EDGE**

Москва 2016

## Введение

При формировании сигнала EDGE для сигнального кодирования используется следующее созвездие:



## Цель работы

Целью выполнения лабораторной работы является изучение особенностей и принципов формирования, обработки, методов оценки нарушения целостности и измерения параметров сигнала стандарта EDGE (3PI/8 PSK).

Задание рассчитано на двухчасовое занятие.

## Лабораторное задание

1. Получить экспериментально используемую в программе **таблицу сигнального кодирования** для модуляции 8PSK.

2. Получить без использования предмодуляционной фильтрации векторные диаграммы четырех символов сигнала **8PSK без ротации созвездия** и **с его ротацией - сигнал 8PSK-EDGE**. В качестве данных использовать 12-битовую последовательность (4 символа), взяв данные из таблицы (без пробелов):

Номер бригады	Информационная последовательность
1	100 111 110 011
2	010 101 001 111
3	001 111 101 110
4	010 101 100 011
5	111 001 010 011
6	000 101 001 100
7	111 101 010 000
8	011 010 111 110
9	011 010 110 001
10	101 000 110 010

Сопоставить результаты с результатами, полученными в пункте 1.

3. Используя программу векторной генерации сигналов **“Вектор VSG”** получить векторные диаграммы сигналов 8PSK и 8PSK-EDGE для последовательностей данных «Все 1» и «Все 0». Зарисовать векторные диаграммы для 10 символов нефильтрованного сигнала без ротации и с ней.

4. Подать в качестве данных ПСП (*Основное Меню/Данные/ПСП/PRBS9*). Сформировать EDGE сигнал длительностью 1000 символов при 16 SpS. Зарисовать общий вид СС и ВД до и после фильтрации (*Основное Меню/Фильтр/EDGE Tx; Кнопка Фильтр; Анализ*).

5. Сформировать EDGE сигнал длительностью 1000 символов при 16 SpS. Записать файлы данных .рст для чистого и зашумленных сигналов с фильтрацией.

Записать поочередно пять файлов данных сигнала EDGE в формате *.рст* с **фильтрацией**, взяв необходимые данные из таблицы:

- для **чистого** сигнала (без введенных искажений) с данными «**все 0**» или «все 1»;
- для **чистого и зашумленных** (*Основное Меню/Искажения/Шум*) сигналов со **случайной** последовательностью данных PRBS;
- два файла с введенными **поочередно искажениями** в соответствии с таблицей.

№ бригады	Шум	Искажения 1	Искажения 2
1	Шум ГУН = 10 град	Разбаланс по амплитуде 10%	Сдвиг по Q=10%, I=20%
2	Сигнал/Шум 17 дБ	Сдвиг по Q=10%, I=20%	Разбаланс по фазе 10 град
3	Сигнал/Шум 15 дБ	Сдвиг по Q=20%, I=15%	Разбаланс по амплитуде 15%
4	Шум ГУН = 15 град	Разбаланс по амплитуде 15%	Сдвиг по Q=20%, I=15%
5	Шум ГУН = 5 град	Разбаланс по фазе 15 град	Сдвиг по Q=10%, I=20%
6	Шум ГУН = 15 град	Сдвиг по Q=10%, I=15%	Разбаланс по фазе 10 град
7	Сигнал/Шум 15 дБ	Сдвиг по Q=10%, I=20%	Разбаланс по амплитуде 15%
8	Сигнал/Шум 17 дБ	Сдвиг по Q=20%, I=15%	Разбаланс по фазе 15 град
9	Шум ГУН = 15 град	Разбаланс по фазе 10 град	Сдвиг по Q=20%, I=15%
10	Сигнал/Шум 20 дБ	Сдвиг по Q=10%, I=20%	Разбаланс по фазе 10 град

6. Для каждого из пяти сформированных файлов проделать поочередно следующие операции:

Подать файл данных сигнала EDGE на программу векторного анализа сигналов **“Вектор VSA”**. Убедиться в корректности выставленных параметров сигнала (Основное меню/Вид модуляции/Количество SpS).

Включить приемный фильтр EDGE, произвести фильтрацию **каждого из сигналов** (*Основное Меню/Фильтр/EDGE; Кнопка Фильтр; Анализ*). Проверить корректность построения ВД и СС. Зарисовать общий вид ВД и СС.

Произвести демодуляцию сигнала (*Основное меню/Демодулятор*).

Зафиксировать значение величины **вектора ошибки EVM** (*Демодуляция сигнала EDGE/Усредненные параметры/EVM*). Для каждого из файлов записать значения первых пяти демодулированных символов.

7. Сопоставить и объяснить полученные результаты (EVM, данные) по всем пяти файлам.

8. Поочередно загрузив ранее полученные **два файла** отсчетов (для чистого сигнала с данными «**все 0**» или «все 1»; а затем с PRBS), наблюдайте спектры сигналов (*Основное Меню/Просмотр/Спектр/Рассчитать*). Зарисуйте общую форму и сравните спектры, сделайте выводы.

9. Подготовить отчет по работе.

10. Подготовиться к ответам на контрольные вопросы.

## Содержание отчета

6. Номер и состав бригады, дата выполнения работы.
7. Наименование и цель работы.
8. Полученный общий вид различных форм представления сигнала по пунктам.
9. Анализ полученных результатов по каждому пункту (Объяснение вида полученных характеристик, сравнение полученных графических форм между собой с учетом параметров сигнала и т.д.).

10. Выводы по работе. Анализ полученных результатов моделирования модулированных сигналов (сравнение полученных форм представления сигнала между собой с формулированием вывода о достоинствах и недостатках каждой и т. д.).

---

### Контрольные вопросы

---

1. Зачем при формировании EDGE сигнала используется ротация сигнальной точки?
2. Почему при усилении сигнала EDGE в тракте передачи необходимо применять линейный усилитель мощности?
3. Почему для формирования сигнала EDGE используют полярные модуляторы?
4. Какими параметрами может быть оценено качество сигнала EDGE?
5. Почему при формировании EDGE сигнала применяют не только предмодуляционный фильтр, но и специальный фильтр в тракте приема?



МИНИСТЕРСТВО СВЯЗИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Московский технический университет связи и информатики

---

Кафедра радиопередающих устройств

Лабораторная работа М4

## **Изучение влияния качества квадратурного модулятора на целостность QPSK сигнала**

Москва 2016

## Введение

Исследование целостности сигнального созвездия является основным методом, используемым при векторном анализе модулированных сигналов. Одним из наиболее широко используемых количественных показателей качества модуляции в цифровых системах связи служит величина вектора ошибки EVM (*Error Vector Magnitude*). В общем случае **вектор ошибки EV** - векторное различие между идеальным опорным сигналом и измеряемым сигналом. Вектор EVM чувствителен к любому ухудшению качества сигнала, влияющему на величину и фазовую траекторию исследуемого сигнала. В конечном итоге, любое нарушение в работе трактов формирования и обработки модулированного сигнала, например квадратурного модулятора (рисунок), приводит к тем или иным нарушениям вида (целостности) сигнального созвездия сигнала.

## Цель работы

Целью выполнения лабораторной работы является изучение **влияния качества компонентов квадратурного модулятора на вид сигнального созвездия** и качество модулированного сигнала.

Задание рассчитано на двухчасовое занятие.

## Лабораторное задание

1. Запустить программу **векторной генерации VSG-ru**. Сформировать с помощью программы модулированный сигнал в соответствии с данными, приведенными в таблице ниже.
2. Необходимые искажения, присущие различным узлам квадратурного модулятора, можно ввести с использованием панели свойств узла, появляющейся после двойного щелчка по изображению соответствующего узла.

Для каждого узла квадратурного модулятора ввести искажения формируемого сигнала, характерные для различных компонентов модулятора, взяв данные из таблицы. Для каждого узла обосновать в отчете выбор рода введенных искажений.

Характер искажений	Номер бригады				
	1	2	3	4	5
Шум тракта передачи (Сигнал/Шум), дБ	10	15	5	10	10
Шум ОГ, град	Q=10%,	I=20%	Q=10%,	I=20%	Q=10%,
Гармоническая помеха тракта передачи					
Гармоническая помеха тракта ОГ, уровень, дБ	10	15	5	15	10
Фазовый разбаланс квадратурных каналов, град	15	15	5	10	20
Амплитудный разбаланс квадратурных каналов, %	10	5	20	15	5
Смещение постоянной составляющей (DC offset), Сдвиг, %	Q=10%, I=20%	Q=10%, I=20%	Q=10%, I=20%	Q=10%, I=20%	Q=10%, I=20%
Сдвиг по частоте, Fдискр	0,0001	0,00015	0,0002	0,0001	0,00015

Последовательно вводя искажения сигнала, зарисовать общий вид получаемых ВД. Отметить характер нарушения ВД для каждого случая.

3. Сформировать сигнал EDGE (1000 символов, 4 выборки на символ) без искажений, с введенными фазовыми шумами РЧ генератора, шумами тракта формирования, амплитудным разбалансом каналов и смещением постоянной составляющей, взяв данные из таблицы. Записать 5 файлов сформированных сигналов в формате *.pcn*.
4. Подать поочередно сформированные файлы данных сигнала EDGE на программу векторного анализа сигналов “**Вектор VSA**”. Включить приемный фильтр EDGE. Убедиться в корректности выставленных параметров сигнала. Проверить правильность построения ВД и СС.
5. Измерить величину EVM для каждого из 5 файлов сформированных сигналов. Объяснить полученные результаты.

---

### Содержание отчета

---

1. Номер и состав бригады, дата выполнения работы.
2. Наименование и цель работы.
3. Полученный общий вид различных форм представления сигнала по пунктам.
4. Анализ полученных результатов по каждому пункту (Объяснение вида полученных характеристик, сравнение полученных графических форм между собой с учетом параметров сигнала и т.д.).
5. Выводы по работе. Анализ полученных результатов моделирования модулированных сигналов (сравнение полученных форм представления сигнала между собой с формулированием вывода о достоинствах и недостатках каждой и т. д.).

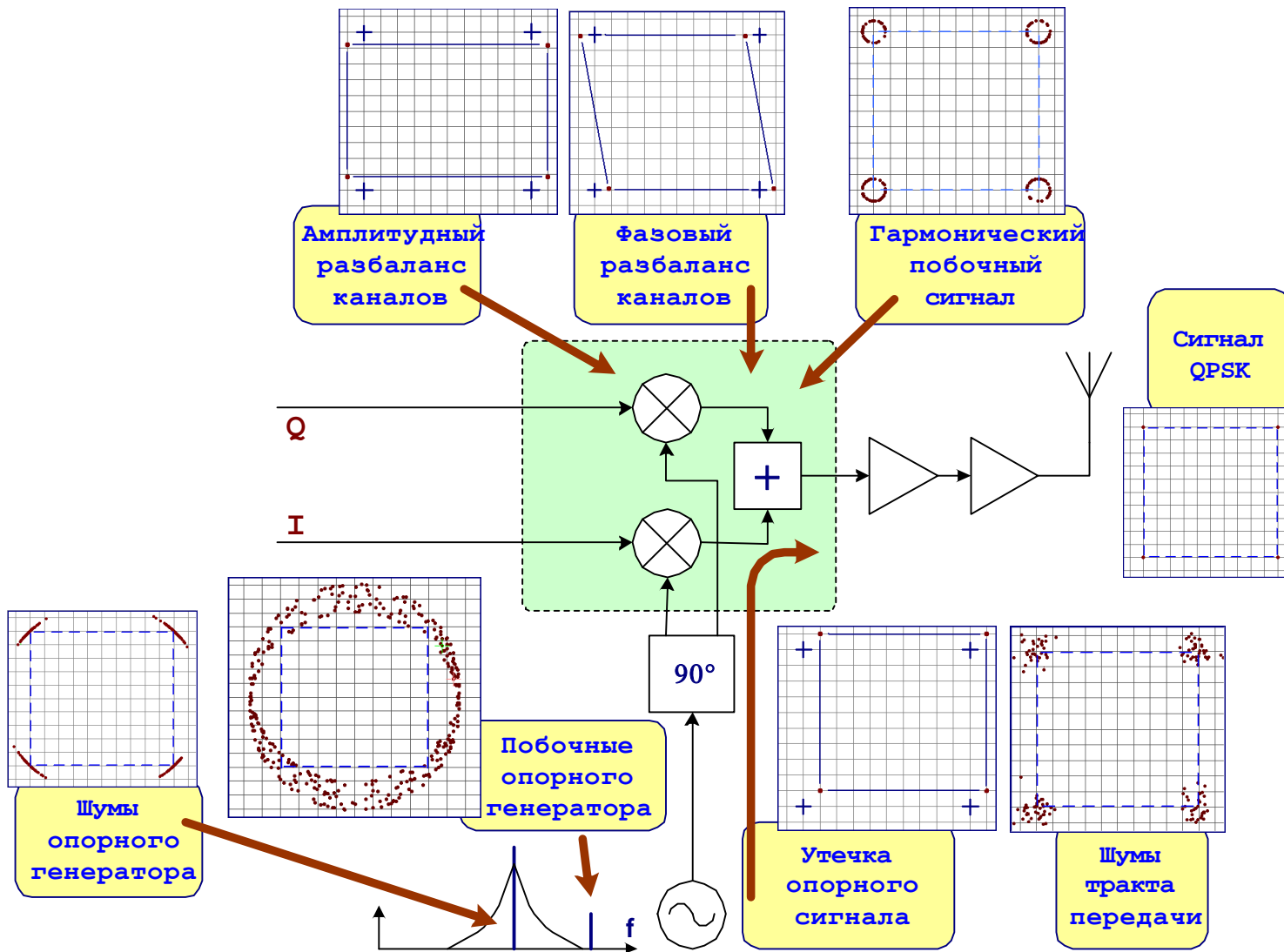


Рис. Влияние различных факторов на целостность сигнального созвездия в тракте передачи

## Контрольные вопросы

1. Как влияют на вид векторной диаграммы и сигнального созвездия следующие факторы:
  - Шум тракта передачи;
  - Шум ОГ;
  - Гармоническая помеха тракта передачи;
  - Гармоническая помеха тракта ОГ;
  - Фазовый разбаланс квадратурных каналов;
  - Амплитудный разбаланс квадратурных каналов;
  - Смещение постоянной составляющей (DC offset);
  - Частотная ошибка.
2. Каковы причины возникновения амплитудного разбаланса модулятора? Фазового разбаланса модулятора?
3. Правильным ли является утверждение, что подавление несущей частоты на выходе модулятора: характеризует степень уменьшения амплитуды немодулированной несущей частоты на выходе модулятора?
4. Каковы причины возникновения смещения постоянной составляющей на выходе квадратурного модулятора?
5. Каковы причины возникновения ошибки смещения по частоте (частотной ошибки) в модулированном сигнале?
6. Что означает термин "векторная модуляция"?
7. В чем заключаются различия между квадратурным модулятором и цифровым квадратурным модулятором?
8. Что такое «перемножающая ячейка Гильберта»?