

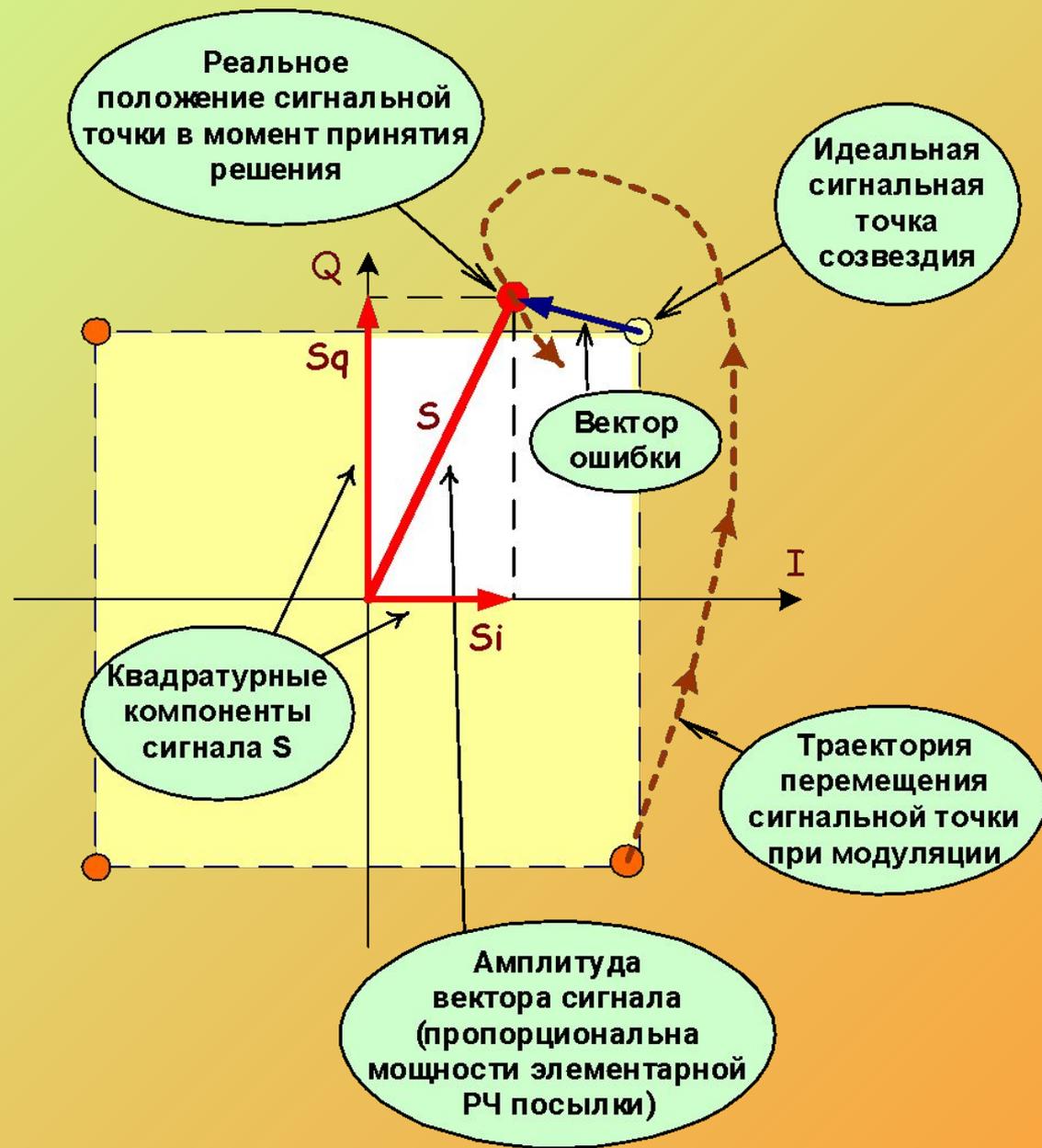
**Пакет прикладных
программ векторного
анализа и синтеза
модулированных
сигналов
"Вектор"**



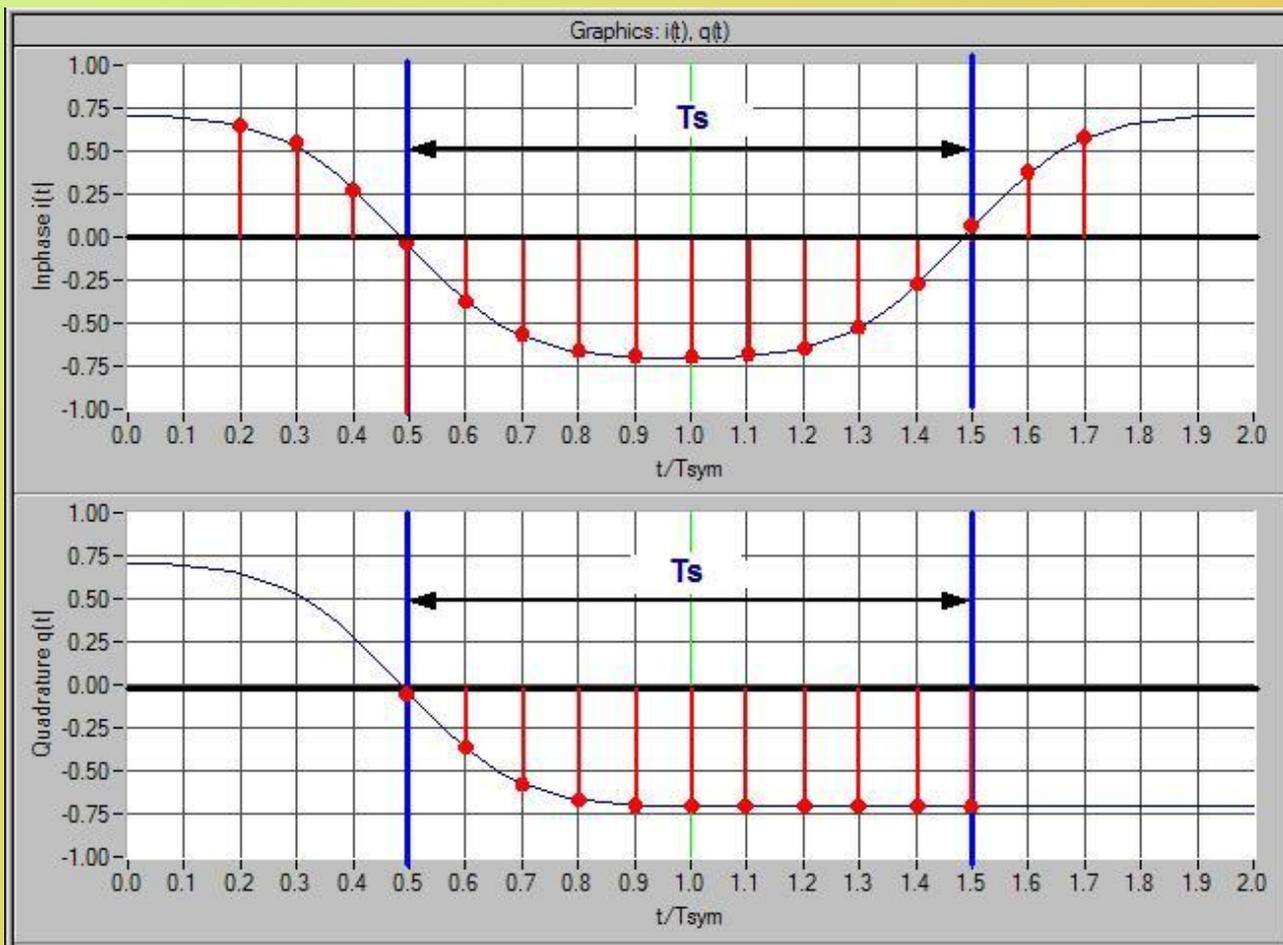
Векторный
анализ и
синтез
сигналов



Квадратурное представление сигнала



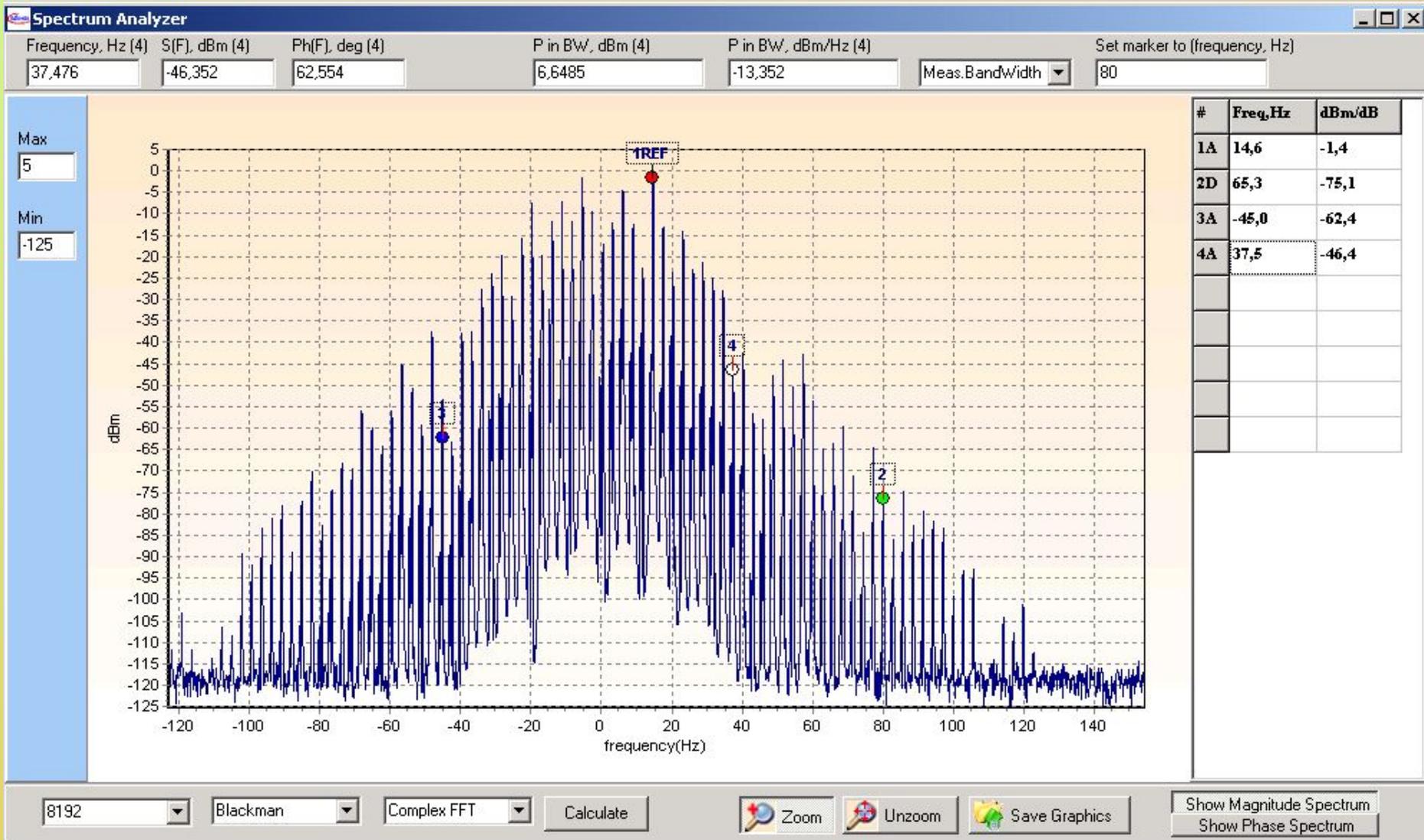
Векторное представление модулированного сигнала



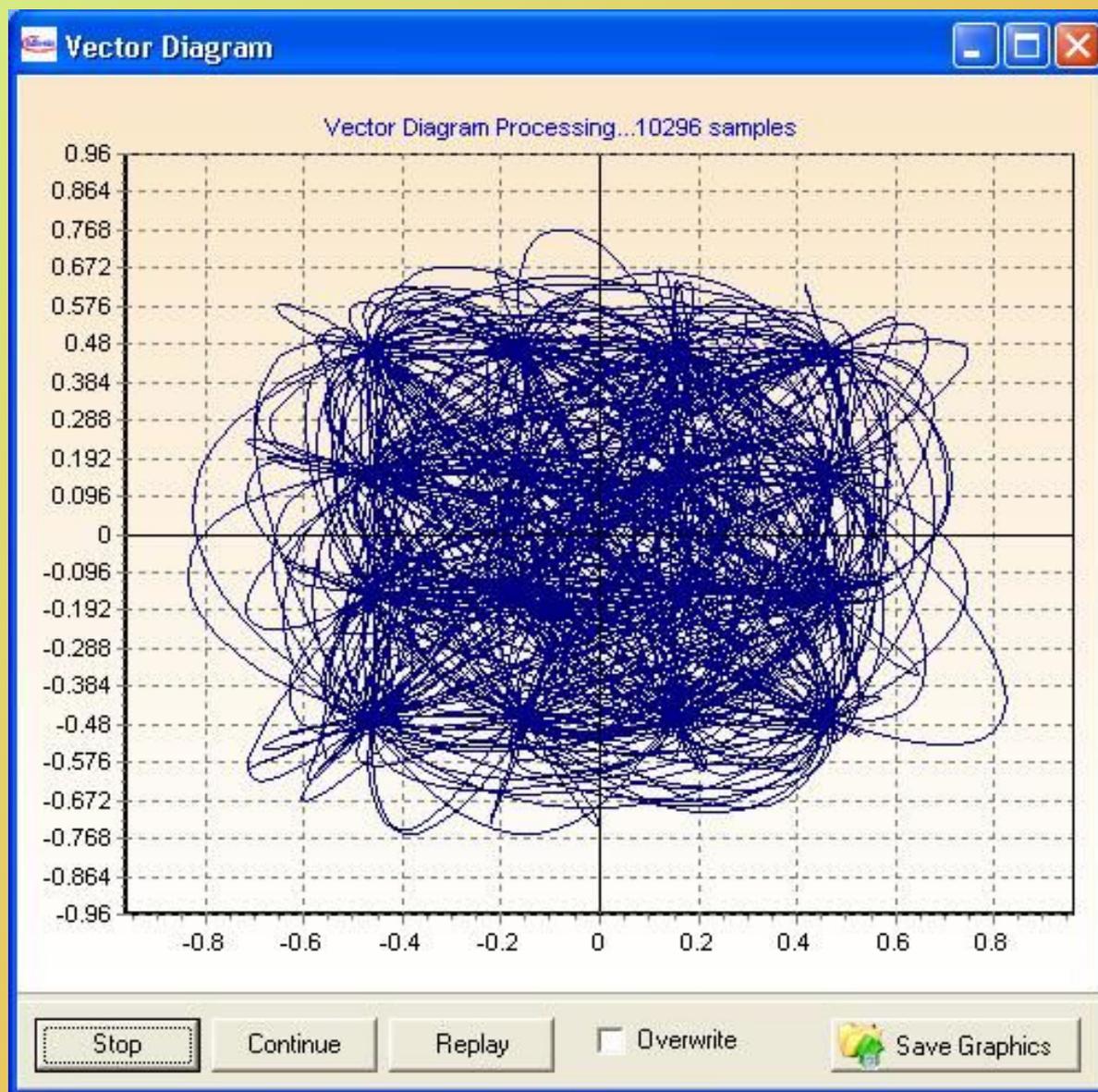
*Процесс
формирования
отсчетов
квадратурных
компонент при
 $SpS=10$*



Сложный характер сигналов



Сложный характер сигналов



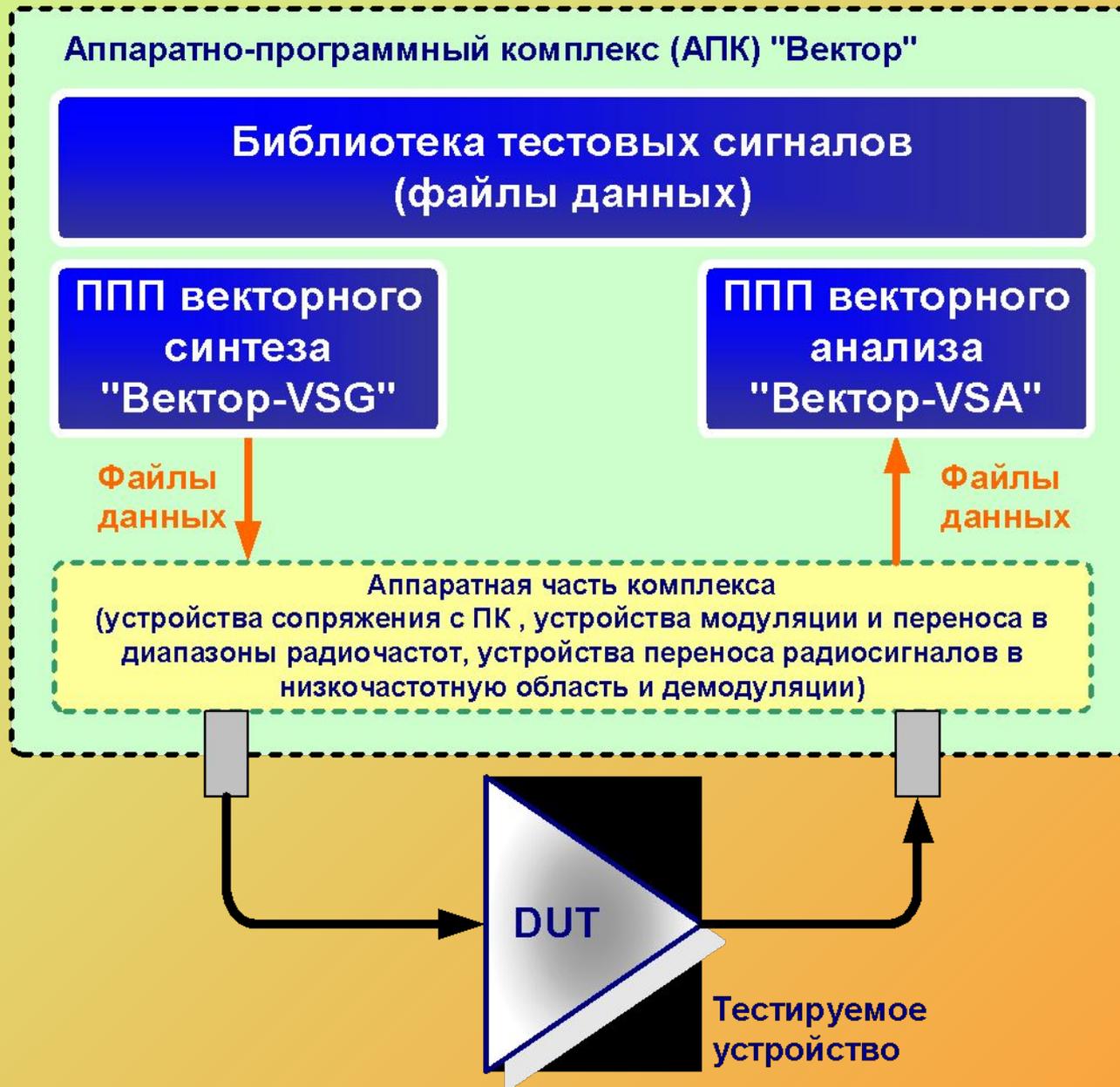
Нарушения целостности сигнального созвездия

Нарушения целостности сигнального созвездия

– любое отличие сигнального созвездия реального модулированного сигнала от его канонического вида.



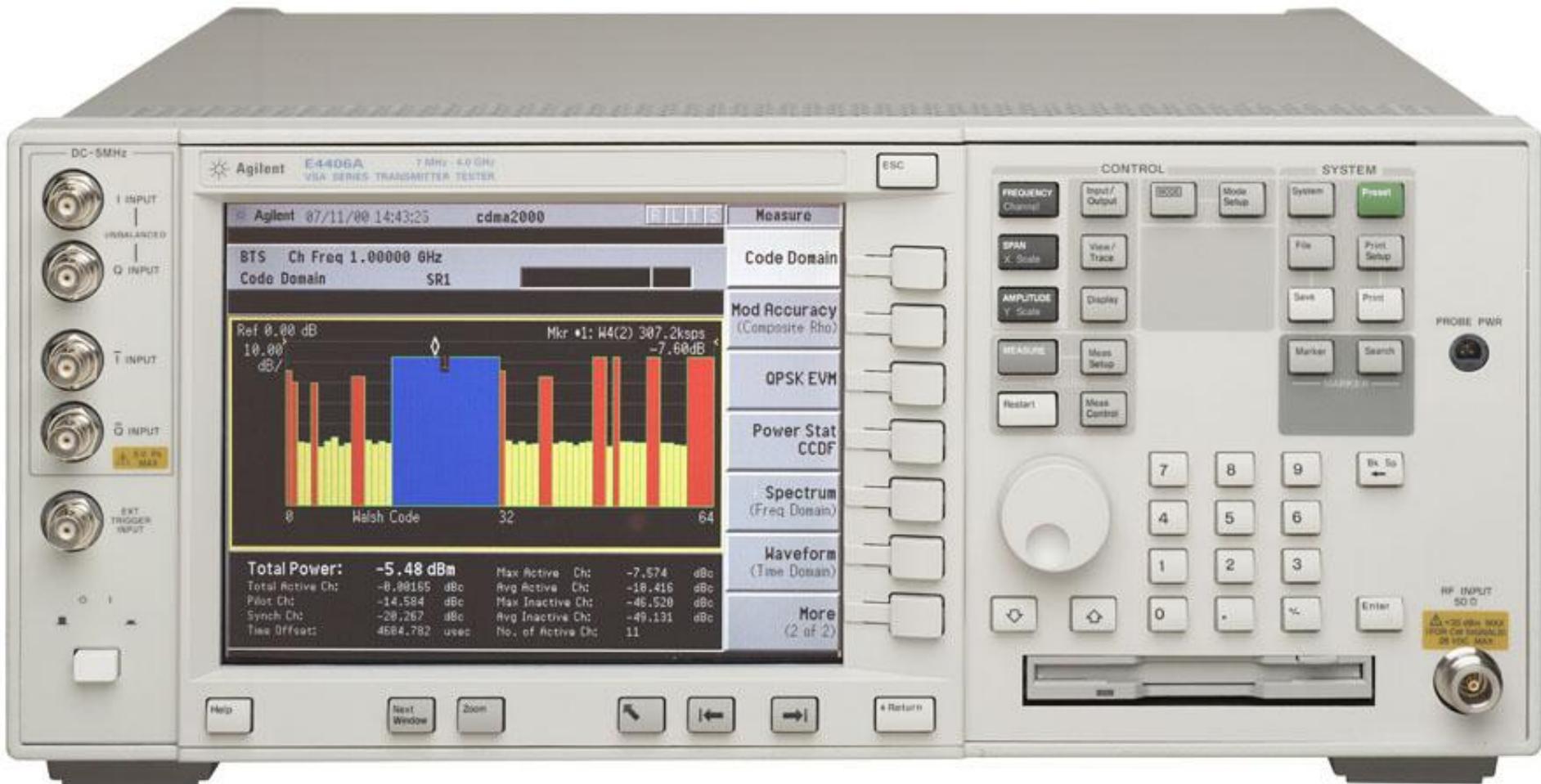
Аппаратно-программный комплекс (АПК)



Прототипы
разрабатываемого
аппаратного-
программного
комплекса



Agilent - E4406A VSA



Agilent - 89640A VSA



R&S WinIQSIM Simulation Software

WinIQSIM (WCDMA) - Katalog iqs

File System Data Modulation Impairments Graphics AMQ Window Help

4.095 MHz 128 PRBS 23 10 Cosine Rect 32.000 MHz 12 49.152 MHz

Block Diagram - WCDMA

Data Source → WCDMA Configuration → IQ Impairments (Off) → Phase Distortion (Phase Noise Off, Sidebands Off) → Bandpass (Off) → Amplifier Dist (Off) → Poweramping (Off) → Multipath (Off) → Offset (Off)

WCDMA Channel Configuration

General Settings Filtering

Channel Configuration Table

Multi Channel Edit

Ch	Typ	ShoCo	Data	Power	State	LC Offs	D Offs
1st Perch	16	63	Data 0	0.00	OFF	0	0
2nd Perch	16	46	Data 0	0.00	OFF	0	0
CCCH	64	0	Data 0	0.00	OFF	0	0
DPCH 1	32	16	PRBS	0.00	ON	0	0
DPCH 2	32	18	PRBS	0.00	ON	6	0
DPCH 3	32	20	PRBS	0.00	ON	12	0
DPCH 4	32	22	PRBS	0.00	ON	18	0
DPCH 5	32	24	PRBS	0.00	ON	24	0
DPCH 6	32	26	PRBS	0.00	ON	30	0
DPCH 7	32	28	PRBS	0.00	ON	36	0

CCDF Test Close Channel Graph

Graphics: FFT Magnitude

Amplitude (f) / dB

2.3
-20.0
-40.0
-60.0
-80.0
-100.0
-120.0
-140.0
-148.4

-24576000 -10000000 0 10000000 24573000

#f_c/Hz

Zoom Unlocked Color

Cursor State f: 11852652.7331 Am: 42.3166

Delta X: 0

Update Done

IQ creator - Aeroflex

IQCreator EN Английский (США) ?

File Modulation Generate AIQ File! 34xx View Tools Window Help

ats_edge_dn_cont

Modulation Filter Data Source IQ Impairments Graphics

Select a Graph Type: Vector

Graph Title: ats_edge_dn_cont

Scaling

	Minimum	Maximum
<input checked="" type="checkbox"/> X-Axis Auto Scaling:	-1.5	1.5
<input checked="" type="checkbox"/> Y-Axis Auto Scaling:	-1.5	1.5

Plot...

Vector Marker 1

ats_edge_dn_cont

Q

I

Программа

векторного

синтеза

сигналов

«Вектор-VSG»



Основные функции программы "Вектор-VSG"

ППП векторного
синтеза
"Вектор-VSG"

Чтение и запись файлов данных
(отсчеты модулированных
сигналов)

Генерирование модулированных
сигналов, используемых в наиболее
распространенных стандартах и
технологиях связи

Введение различного рода
искажений в формируемый сигнал

Отображение сигналов во
временной области, на IQ плоскости



Отображение формируемых сигналов

Отображение
(графическое
представление)
формируемых
сигналов

Синфазные $I(t)$ и квадратурные $Q(t)$
компоненты

Просмотр амплитуды (Magnitude) и
фазы (phase) сигнала

Просмотр набора анализируемых
данных

Просмотр векторных диаграмм

Просмотр сигнального созвездия



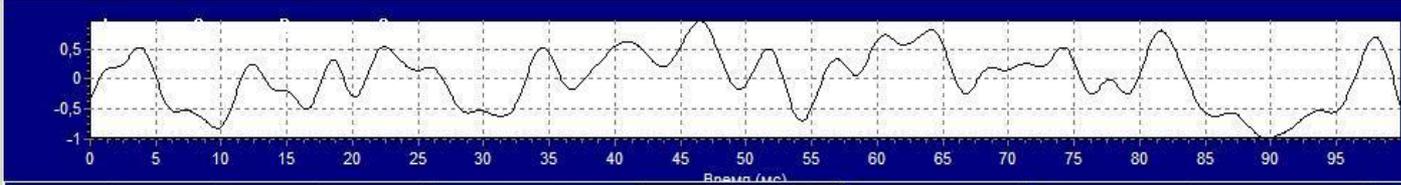
Общий вид интерфейса программы VSG

Векторный Генератор Сигналов EN Английский (США)

Файл | Модуляция | Стандарт | Параметры | Данные | Искажения | Фильтр | Измерения | Отображение | Загрузить в VSA | Анализ | Установки | Окна | Инструменты | Помощь

Для вычисления параметров сигнала используйте Меню/Измерения

Временное представление IQ(t)



0,5
0
-0,5
-1

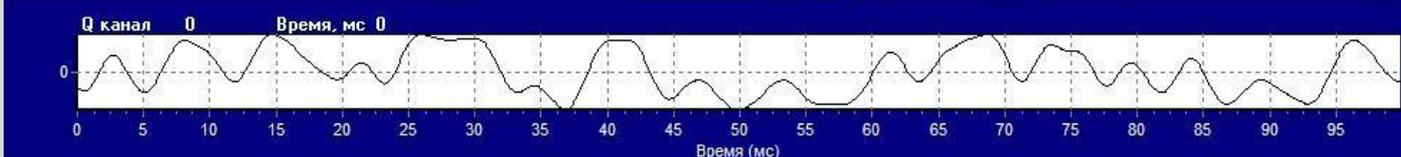
0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95

Время (мс)

Первая Назад Вперед Послед Страница 1 из 16 Постранично Сохранить графику Масштабировать Отменить масштаб

Q канал

Q канал 0



0

0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95

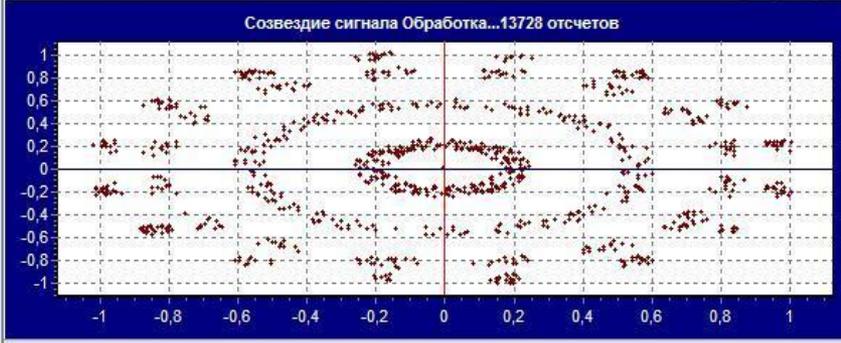
Время (мс)

#	Время(мс)	Q Канал

0,97 Мин. напряжение -1,00 Макс. напряжение 1000 Точек на стр. 1 Перейти на стр...

Сигнальное Созвездие - Constellation

Созвездие сигнала Обработка...13728 отсчетов



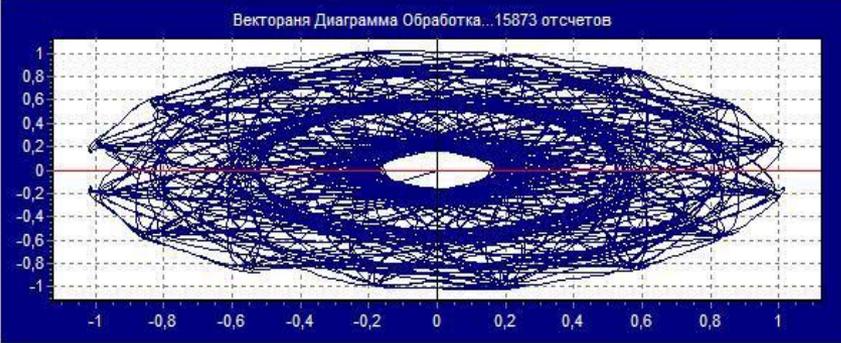
1
0,8
0,6
0,4
0,2
0
-0,2
-0,4
-0,6
-0,8
-1

-1 -0,8 -0,6 -0,4 -0,2 0 0,2 0,4 0,6 0,8 1

Стоп Продолжить Повторить Перелисывать Сохранить график

Векторная диаграмма

Векторная Диаграмма Обработка...15873 отсчетов

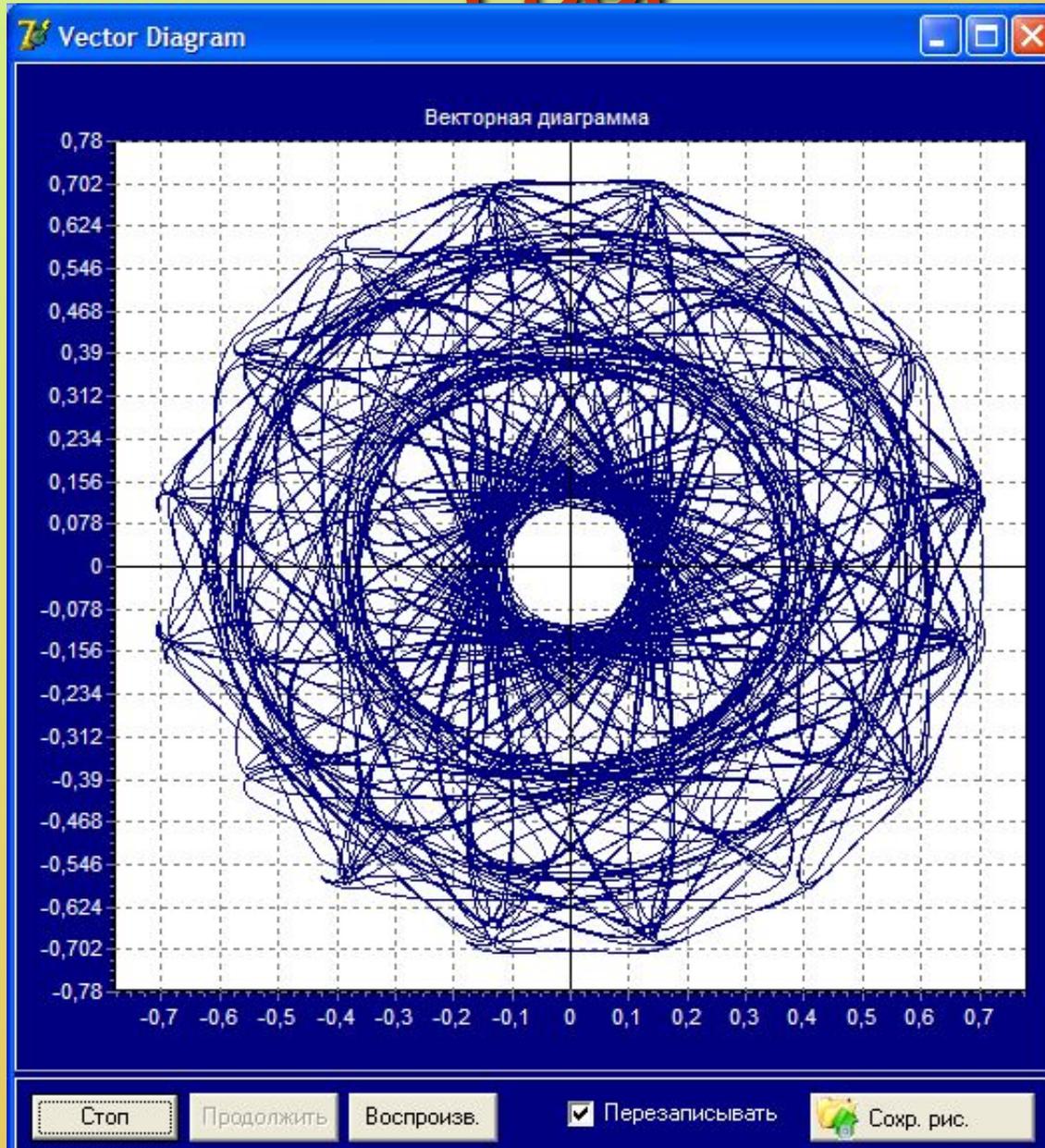


1
0,8
0,6
0,4
0,2
0
-0,2
-0,4
-0,6
-0,8
-1

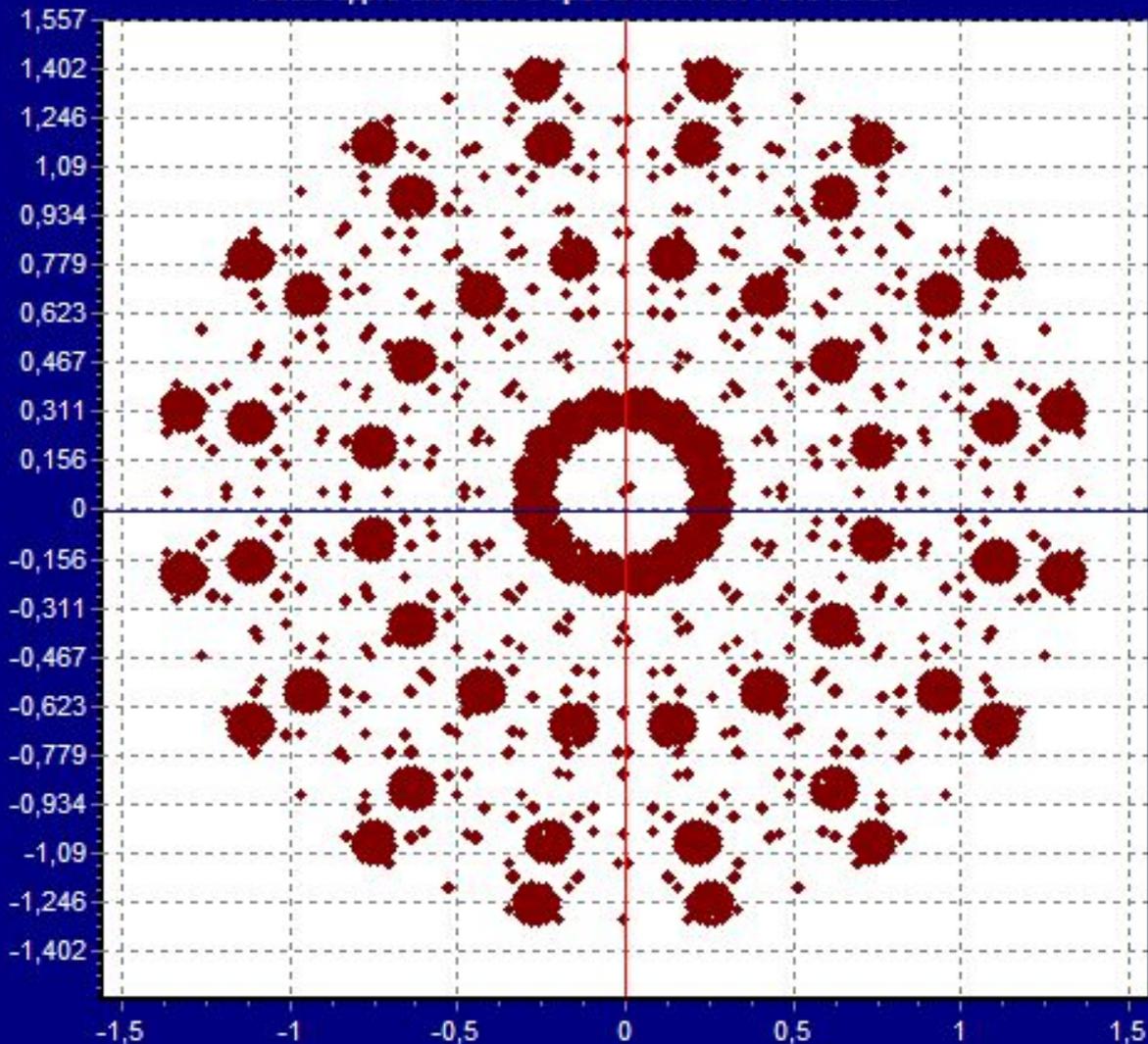
-1 -0,8 -0,6 -0,4 -0,2 0 0,2 0,4 0,6 0,8 1

Стоп Продолжить Повтор Перезаписать Сохранить...

Векторная диаграмма для сигнала **FDGF**



Созвездие сигнала Обработка...19877 отсчетов



Сигнальное
созвездие
для сигнала
EDGE с
внесенными
искажениями

Стоп

Продолжить

Повторить

Переписывать

Сохранить график



Использование маркеров

The screenshot displays a software interface for graph analysis. It features a graph with a blue background and a white grid. A black curve is plotted, with four markers placed at specific points: a red marker labeled '1REF', a blue marker labeled '2', a green marker labeled '3', and a yellow marker labeled '4'. Below the graph, there are buttons for 'Отменить масштаб' (Reset scale) and 'Сохранить' (Save). To the right of the graph is a data table with two columns. A context menu is open over the graph, listing several actions: 'Добавить маркер' (Add marker), 'Добавить Дельта маркер' (Add Delta marker), 'Удалить маркеры' (Delete markers), 'Установить как Референсный' (Set as Reference), 'Вырезать' (Cut), and 'Сохранить график как текст' (Save graph as text).

	84,3	-0,34869
	88,3	-0,7876
	9,4	-0,17212
	95,6	-0,37469

Добавить маркер
Добавить Дельта маркер
Удалить маркеры
Установить как Референсный
Вырезать
Сохранить график как текст

1A	84,3	1,2011
2A	88,3	-0,42082
3D	9,4	0,24736
4A	95,6	1,44113



Введение КОМПЛЕКСНЫХ ИСКАЖЕНИЙ

Искажения

ИQ Разбаланс

Разбаланс по амплитуде, дБ :

Разбаланс по фазе, град :

Шум

С/Ш, дБ :

ГУН

Фазовый шум, град :

Дискретная побочная, расстройка, Гц :

Дискретная побочная, уровень, дБ :

Сдвиг

По фазе, град :

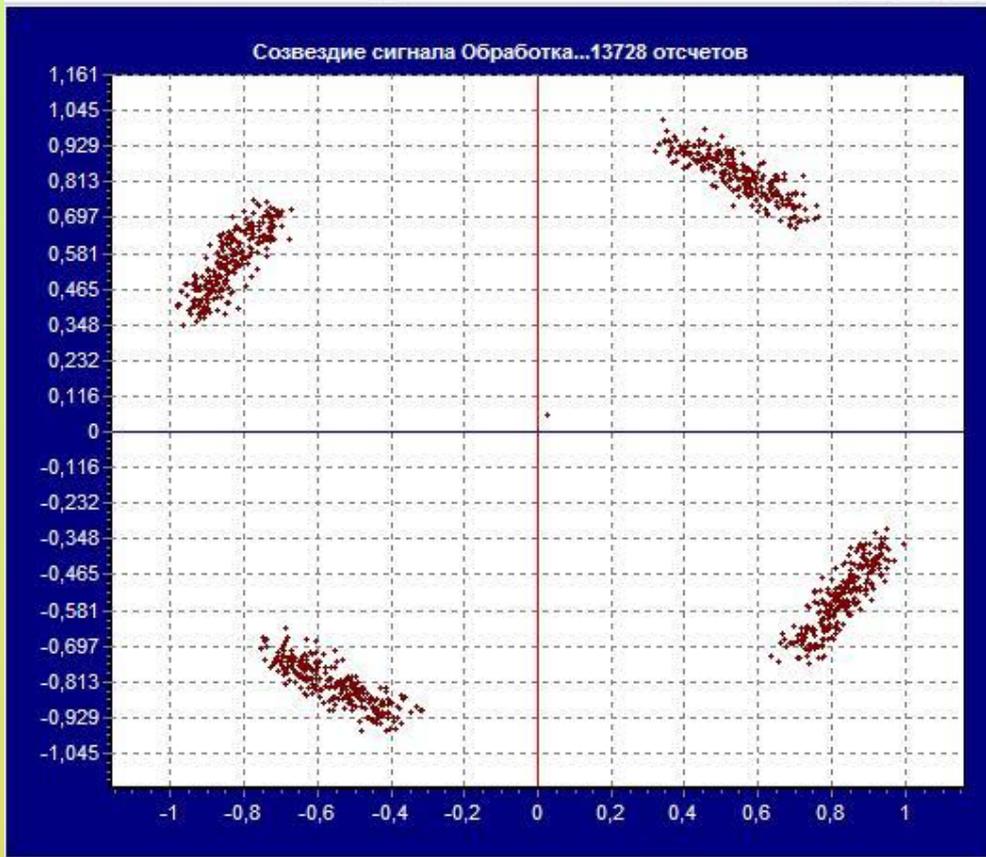
По частоте, Fдискр:

По уровню I, % : Q, % :

Ok Отмена

Введение комплексных искажений

Сигнальное Созвездие - Constellation



Стоп Продолжить Повторить Переписывать Сохранить график
 Повтор

Настройка изображения

АвтоМасштаб

I: Мин. Макс.
Q: Мин. Макс.

Искажения

Искажения

ИТQ Разбаланс

Разбаланс по амплитуде, % :

Разбаланс по фазе, град :

Шум

С/Ш, дБ :

ГУН

Фазовый шум, град :

Дискретная побочная, расстройка, Гц :

Дискретная побочная, уровень, дБ :

Сдвиг

По фазе, град :

По частоте, $f_{\text{дискр}}$:

По уровню I, % : Q, % :

Моделирование РЧ трактов

Векторный Генератор Сигналов D:\! VSA-Ru\vsgamp.pcm

Модуляция | Стандарт | Параметры | Данные | Искажения | Фильтр | Измерения | Отображение | Загрузить в VSA | Анализ | Установки | Ок

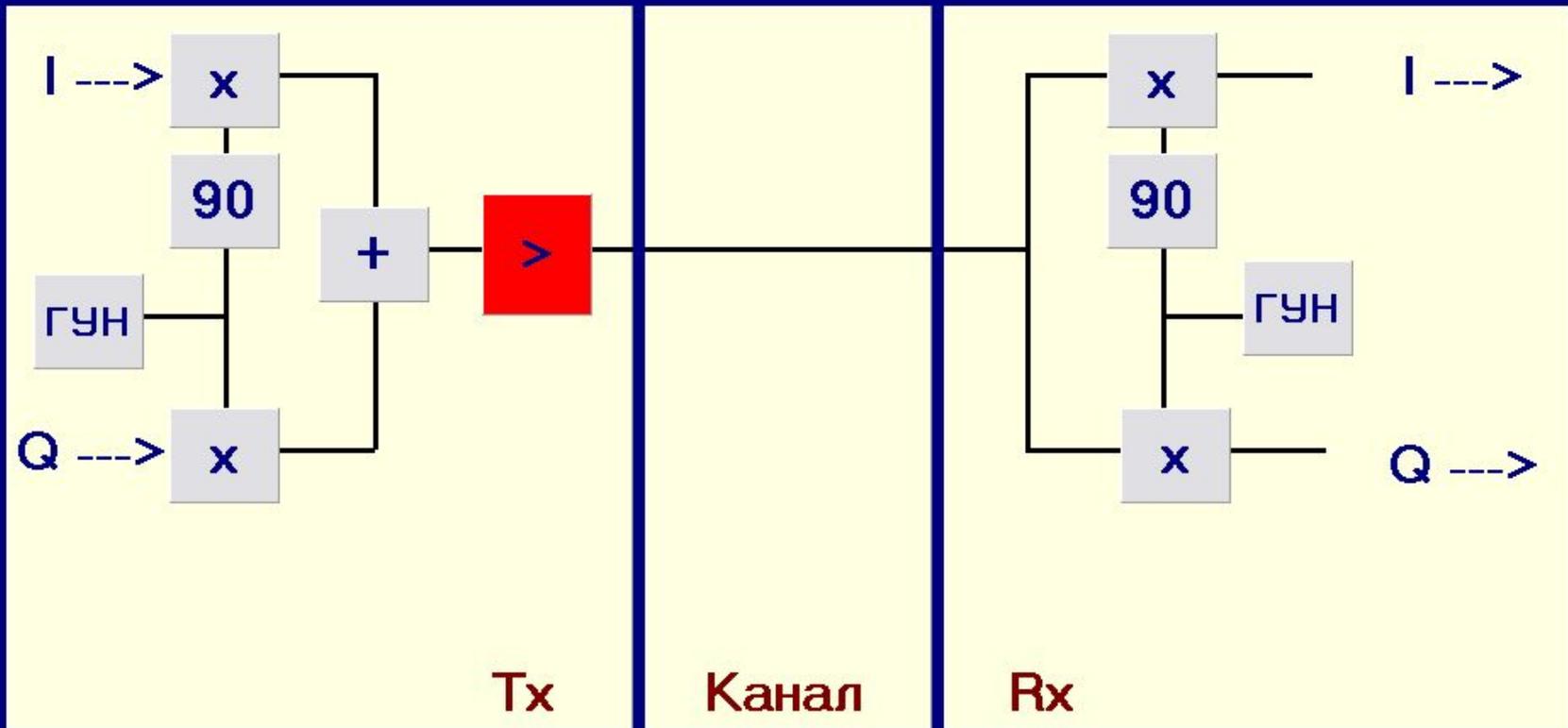
Для числения параметров сигнала используйте Меню/Измерения

- РЧ Тракты
- Тракт передачи (Tx)
- Тракт приема (Rx)
- Канал связи

Временное представление IQ(t)

1 канал 0 Время, мс 0

Установка параметров



Сохранить Установки

Ок

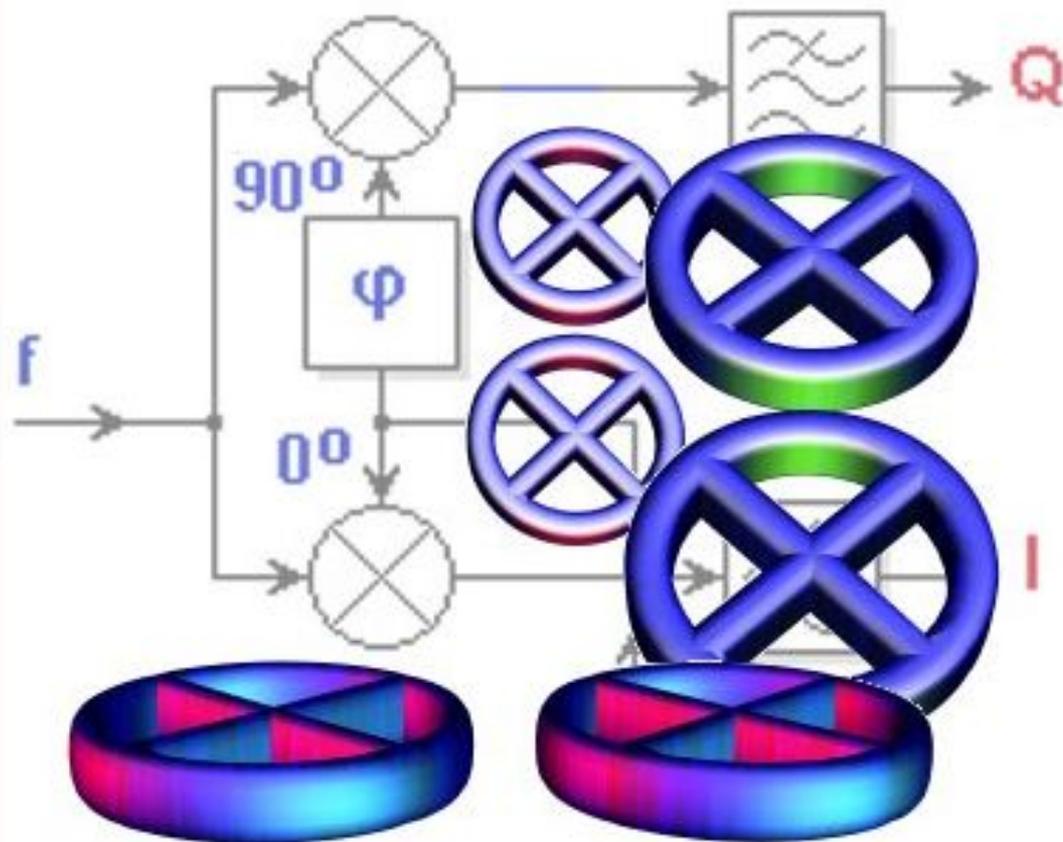
Программа
векторного
анализа
сигналов
«Вектор-VSA»



МТУСИ

Векторный Анализатор Сигналов VSA

Вер. 0.01



Основные функции программы "Вектор-VSA"

ППП
векторного
анализа
сигналов
"Вектор-VSG"

Чтение и запись файлов данных
(отсчеты модулированных
сигналов)

Анализ модулированных сигналов,
нахождение их параметров

Отображение сигналов во
временной, спектральной области,
на IQ плоскости

Демодуляция сигналов GSM, EDGE

Оценка показателей качества
сигналов (EVM)



Общий вид интерфейса программы VSA

Векторный Анализатор Сигнала E:\VSA-ru\ExampleFiles\EDGE\EDGE_2SpS_for_Pattern_22_bit\EDGE_2SpS_16ADC_1V_ref\filtered.pcm

Файл | Параметры сигнала | Демодулятор | Фильтр | Измерения | Просмотр | Анализ | Окна | Инструменты | Помощь

Для вычисления параметров сигнала используйте Меню/Измерения

Анализатор Спектра

Частота, Hz [2]	SIFL, dBm [2]	PHI, deg [2]	P in BW, dBm [2]	P in BW, dBm/Hz [2]	Максимальная Частота [2]	Установить маркер на частоту, Гц
5719,5	-73,546	96,882	-0,21509	-54,542	270833,33	0

#	Freq, Hz	dBm/dB
1A	22448,0	47,8
2D	15723,0	15,0

16384 | Gauss | Complex FFT | BIAS | Рассчитать | Zoom | Unzoom | Сохр. рис. | Показать частотный спектр | Показать фазовый спектр

Конт. построение трасс | Иерархический список | Перв. | Назад | Вперед | Посл. | Авто | Стоп

Временное представление IQ(t)

I channel 0 | Время, мс 0

Q channel 0 | Время, мс 0

Первая | Назад | Вперед | Послед | Страница 1 из 159 | Постранично | Сохранить графику | Масштабировать | Отменить масштаб

0,43 | Макс. шаг | -0,42 | Мин. шаг | 1000 | Шаг частоты | 1 | Шаг времени отс.

Windows Com... | VSA-(sept07).d... | vsa_ru | Безымянный - ... | Регистрация: ... | RU | 14:08

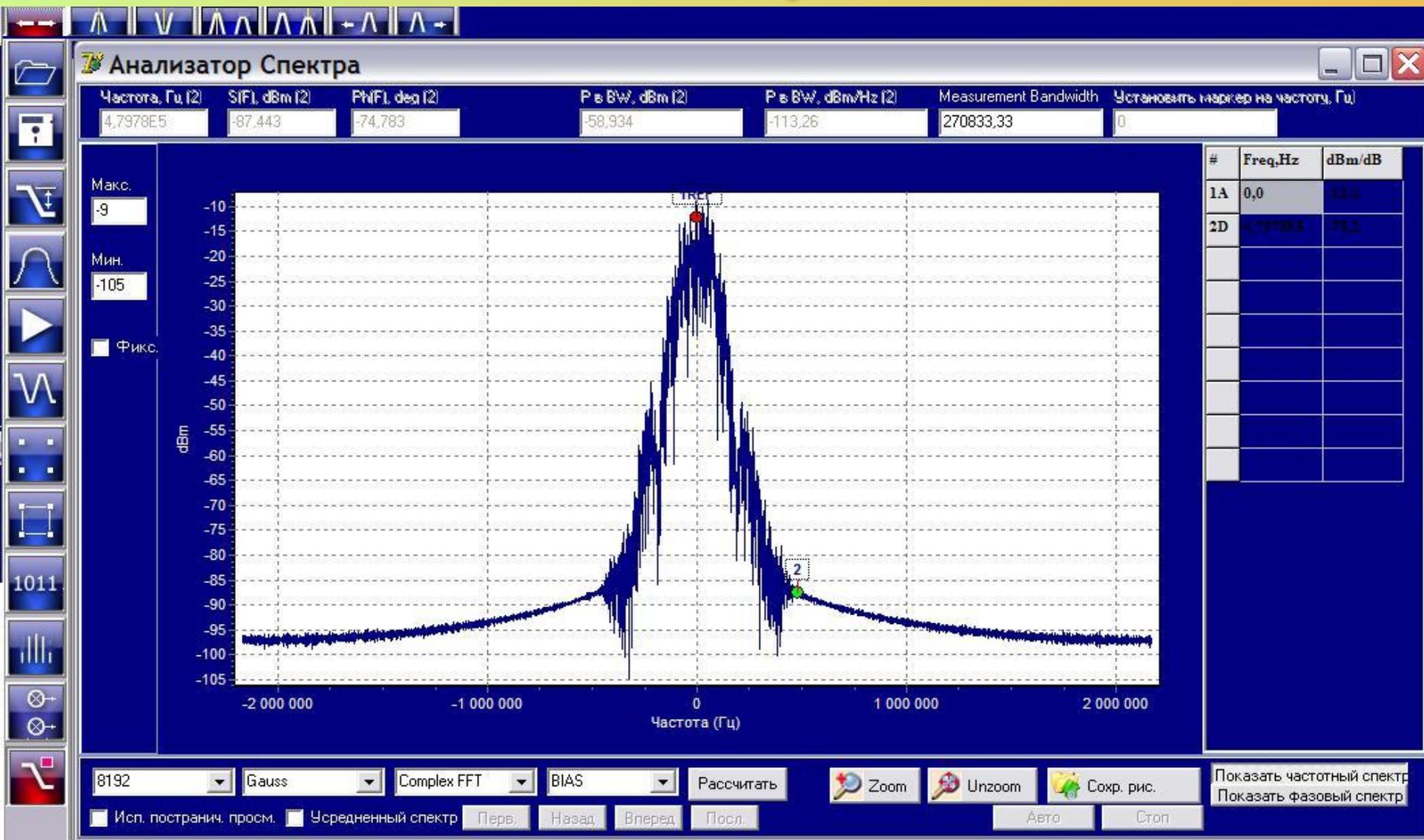
Программные модули для VSA

Ряд наиболее часто используемых подпрограмм будет оформлен в виде динамически компокуемых библиотек (DLL). Это позволяет достаточно просто производить совершенствование алгоритмов функционирования без переработки всей программы.

Основные возможности и функции программного комплекса, реализованные с применением динамически компокуемых библиотек (DLL):

- Анализ сигнала во временной области.
- Анализ параметров входного сигнала: амплитуда, фаза, напряжение, мощность.
- Отображение сигналов во временной области.
- Отображение квадратурных компонент I/Q.
- Установка маркеров во временной области.
- Анализ сигналов в частотной области.
- Установка маркеров в частотной области.
- Измерение амплитуд в дБм, дБм/Гц.
- Нахождение экстремальных значений исследуемых сигналов.
- Измерения параметров модуляции: сдвиг сигнала (DC offset), фазовая ошибка (Phase error); амплитудный разбаланс (IQ imbalance); частотный сдвиг (Frequency deviation); амплитуда вектора ошибки EVM (Error vector magnitude).
- Цифровая демодуляция сигналов (Digital demodulation) таких, как GMSK, 8-PSK, QPSK и т.п..
- Фильтрация сигналов в соответствии с используемым стандартом.

Просмотр амплитудного и фазового спектра



Цифровая демодуляция

Метры сигнала | Демодулятор | Фильтр | Каналы | Пресет | Анализ | Окно | Инструменты

Измерения параметров сигнала используйте Меню/Измерения

Демодуляция сигнала EDGE

Символов на стр. 148 Перекрытие (%) 0
 Смещение стр. (симв.) 0

Всего символов 1000
 Всего страниц 6
 текущая стр. 2
 Страниц на экр. 2
 Старт (мс) 0,54646
 Стоп. (мс) 1,0929
 Перейти на стр. 1 Стоп на стр. (Авто) 6

TSNumber No TS
 DC оффсет комп. включено
 RRC фильтр включено

Назад Вперед
 Первый Послед.
 Авто Стоп

Сохранить рис. Constellation

Overwrite previous
 Hold Maximum

Усредненные Демодулированные симв. (Hex) 3GPP Формат

Parameter	RMS Value	Phase Error	Magnitude Error	Frequency Error	Origin Offset	Graphics Off
EVM, %	0,54933					
Freq. Err. Hz						
Mag. Err. %						
Ph. Err. deg						
Origin offset						

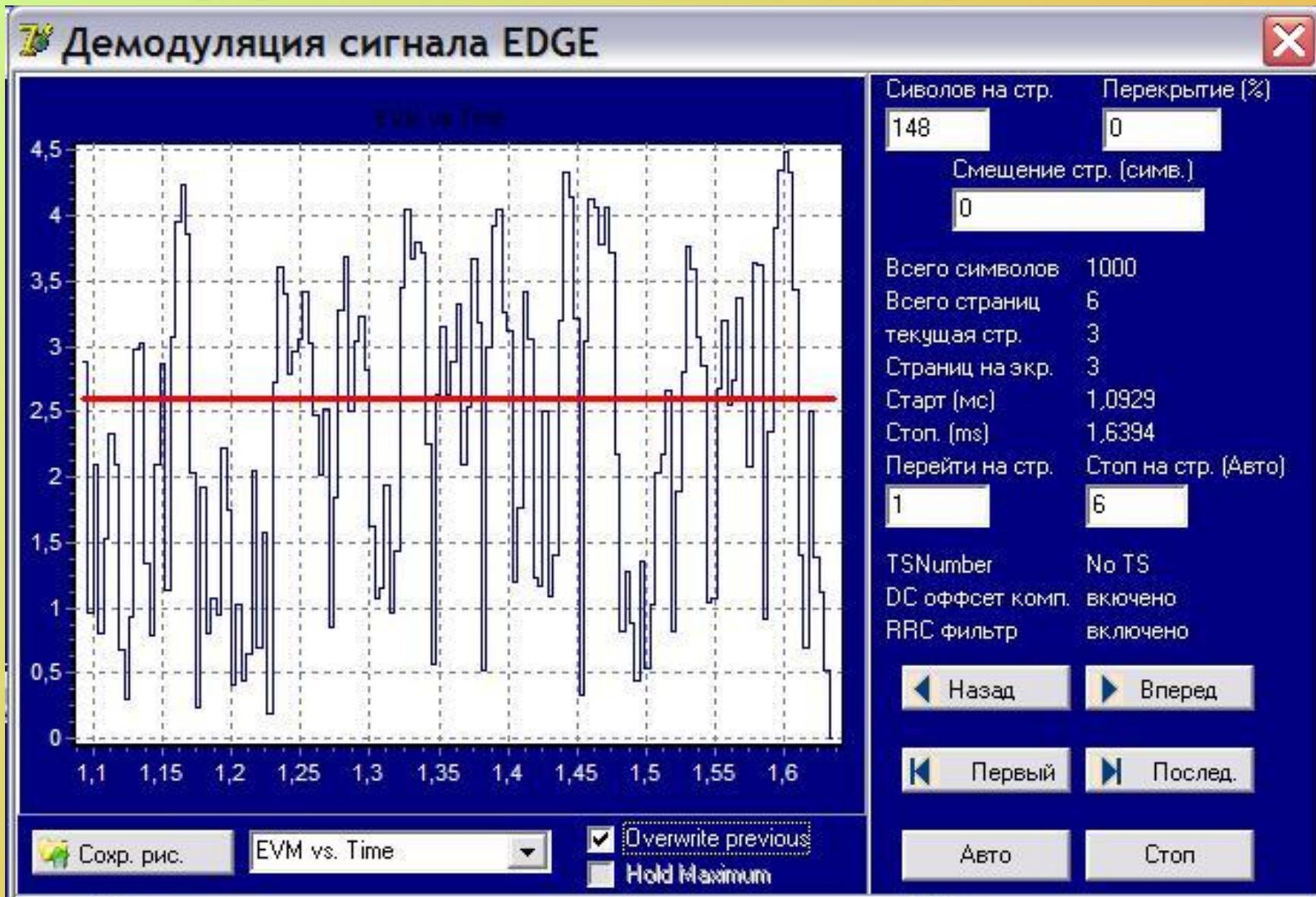
0080	3	5	4	7	2	6	1	3	1	0	2	6	6	6	7	0	2	2	0	1
0100	7	2	2	3	6	1	2	2	6	2	6	2	0	0	0	0	2	7	7	7
0120	7	2	1	1	1	1	0	4	4	4	6	3	7	7	7	0	4	1	1	1
0140	3	7	4	4	6	4	5	7	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Параметры текущей страницы

Parameter	RMS Value	PEAK Value
EVM, %	0,54933	
Freq. Err. Hz		
Mag. Err. %		
Ph. Err. deg		



Цифровая демодуляция



Библиотеки тестовых сигналов

Библиотека тестовых сигналов

опорные (reference) сигналы

сигналы с введенными
искажениями

сигналы пакетированные
(бурстованные, burst)

непакетированные сигналы

фильтрованные сигналы

нефильтрованные сигналы

Библиотеки тестовых сигналов

Разрабатываемый комплекс является многофункциональным – он обеспечивает полный цикл автоматизированного исследования сигналов, функциональных узлов и устройств. При этом могут быть использованы тестовые сигналы различного рода. Отсчеты квадратурных компонент анализируемых сигналы могут быть заданы в виде файлов различного формата (psm, txt) и при необходимости программно переконвертированы. Произведена разработка пакета тестовых сигналов для различных стандартов и технологий.

На данном этапе сформированы **более 400 тестовых сигналов** систем цифровой связи, которые будут использованы в качестве эталонных при разработке и развитии настоящего комплекса программ. Сформированные сигналы не являются окончательными - в ходе работы возможно как исправление, так и формирование новых тестовых версий.

Тестирование программного продукта

- Сопоставление результатов с аналогами: Agilent, R&S, Aeroflex

Достигнута точность программ
Agilent



Разработка лабораторных работ

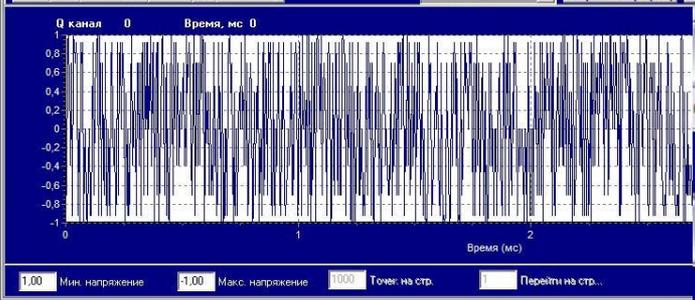
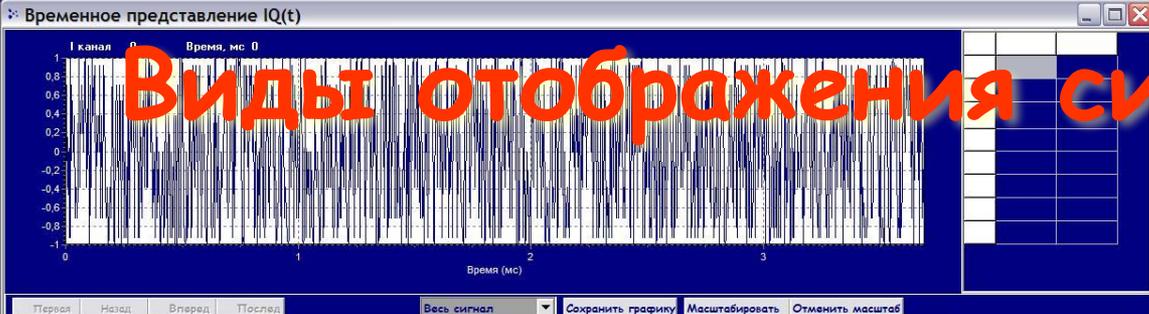
- Изучение методов отображения модулированных сигналов современных систем связи
- Изучение процесса формирования и нарушений целостности сигнального созвездия QPSK сигнала
- Изучение методов формирования и свойств сигнала EDGE
- Изучение влияния качества квадратурного модулятора на сигнальное созвездие QPSK сигнала



Изучение методов отображения модулированных сигналов современных систем связи



Виды отображения сигналов

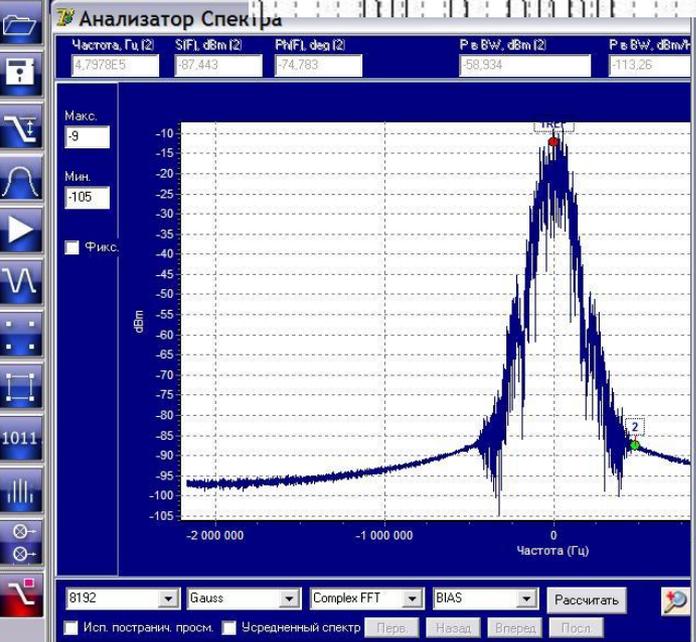
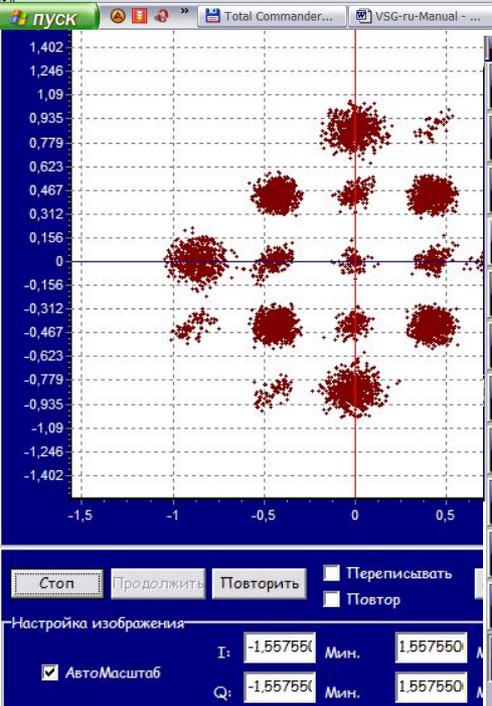
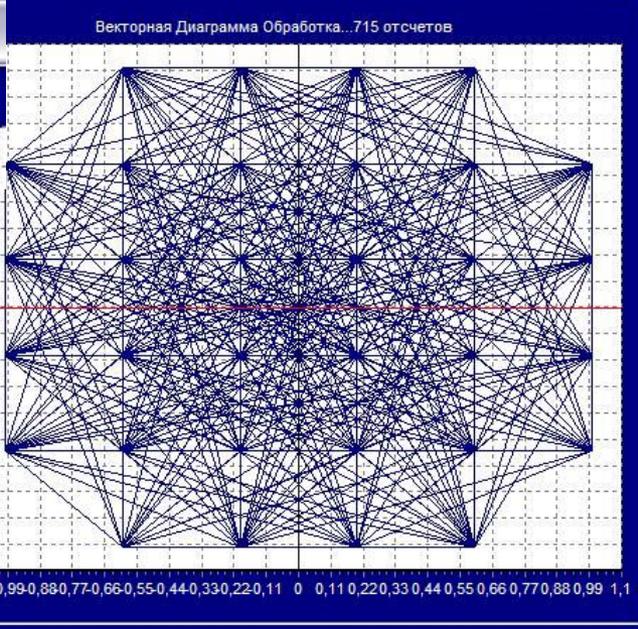


Для вычисления параметров сигнала используйте Меню/Измерения

Канал	Канал	Канал	Q Канал
-0.43864	0.54865	-8173	8989
-0.38116	0.40442	-6245	6626
-0.20496	0.21497	-3358	3522
0.0039673	0	65	0
0.21643	-0.21497	3546	-3522
0.40491	-0.40442	6634	-6626
54883	-0.54865	8992	-8989
63867	-0.63861	10464	-10463
67847	-0.67834	11116	-11114
69379	-0.69329	11203	-11195

- EN Английский (США)
- IQ компоненты
 - Массив данных
 - Созвездие
 - Статистические данные
 - Векторная диаграмма

Векторная диаграмма



Станция

Стоп | Продолжить | Повтор

Перезаписать

Повтор

Сохранить...

Настройка изображения

АвтоМасштаб

I: -1.1 Мин. 1.1 Макс.

Q: -1.1 Мин. 1.1 Макс.

Изучение методов формирования и свойств сигнала EDGE



Изучение методов формирования и свойств сигнала EDGE



Для изменения параметров сигнала используйте Меню/Измерения

в (EDGE)

Демодуляция сигнала EDGE

Символов на стр. Перекрытие (%)

Смещение стр. (симв.)

Всего символов 1000
 Всего страниц 6
 текущая стр. 2
 Страниц на экр. 2
 Старт (мс) 0,54646
 Стоп. (ms) 1,0929

Перейти на

TSNumber
 DC offset
 RRC filter

Назад

Па

Авт

Сохранить рисунок Constellation

Overwrite previous
 Hold Maximum

Усредненные

Parameter	RMS Value
EVM, %	0,54933
Freq. Err. Hz	
Mag. Err. %	
Ph. Err. deg	
Origin offset	

Demodulated symbols (Hex)

0080	3	5	4	7	2	6	1	3	1	0	2	6	6
0100	7	2	2	3	6	1	2	2	6	2	6	2	0
0120	7	2	1	1	1	1	0	4	4	4	6	3	7
0140	3	7	4	4	6	4	5	7	X	X	X	X	X

Parameters of the current page

Parameter	RMS Value	PEAK Value
EVM, %	0,54933	
Freq. Err. Hz		
Mag. Err. %		
Ph. Err. deg		

Демодуляция сигнала EDGE

Символов на стр. Перекрытие (%)

Смещение стр. (симв.)

Всего символов 9987
 Всего страниц 66
 текущая стр. 10
 Страниц на экр. 1 - 10
 Старт (мс) 0
 Стоп. (ms) 5,4646
 Перейти на стр. Стоп на стр. (Авто)

TSNumber No TS
 DC offset comp. включено
 RRC filter включено

Назад

Вперед

Первый

Послед.

Сохранить рисунок EVM vs. Time

Overwrite previous
 Hold Maximum

Усредненные

Parameter	RMS Value
EVM, %	0,20323
Freq. Err. Hz	
Mag. Err. %	
Ph. Err. deg	
Origin offset	

Demodulated symbols (Hex)

0080	2	6	2	7	6	2	1	0	3	1	7	5	5	2	1	1	7	0	7
0100	5	4	0	6	4		5	4		5	4								
0120	2	1	5	2	1	5	2	1	5	2	1	5	2	1	5	2	1	5	2
0140	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Parameters of the current page

Parameter	RMS Value	PEAK Value
EVM, %	0,20156	
Freq. Err. Hz		

3GPP Format

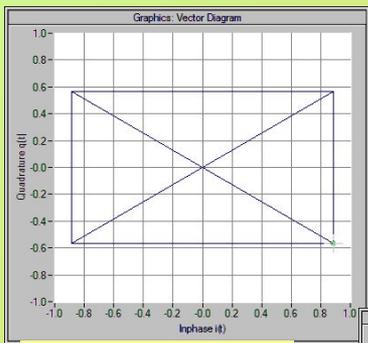
Демодуляция сигналов (EDGE)

Изучение влияния
качества
квадратурного
модулятора на
сигнальное
созвездие QPSK
сигнала

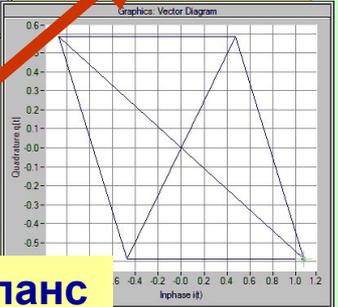
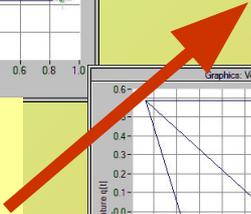


Влияние различных факторов на целостность сигнального созвездия в тракте передачи

Сигнал QPSK



Разбаланс амплитуд

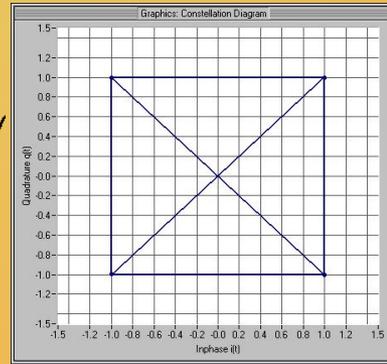
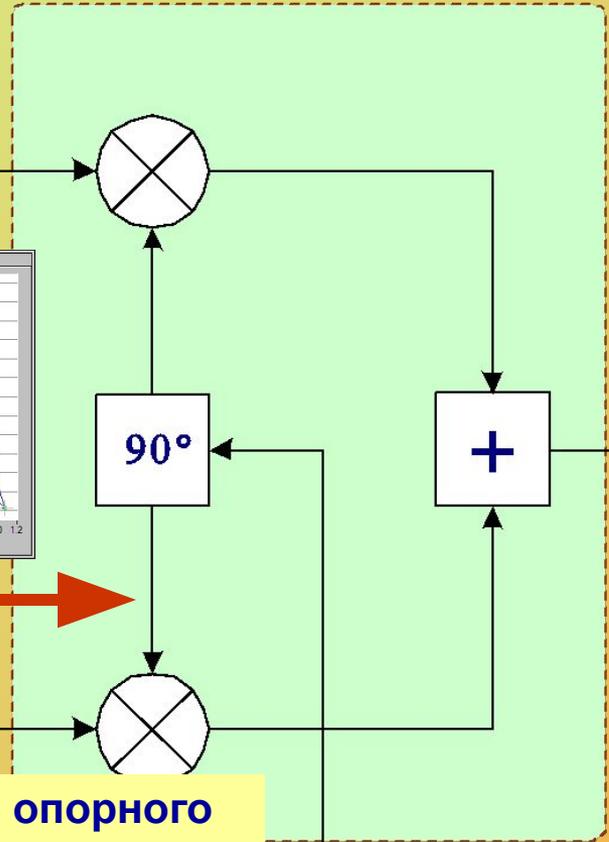
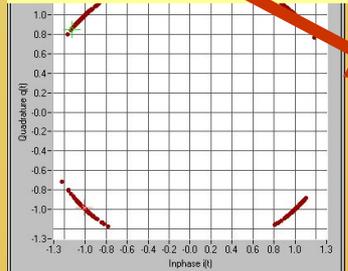
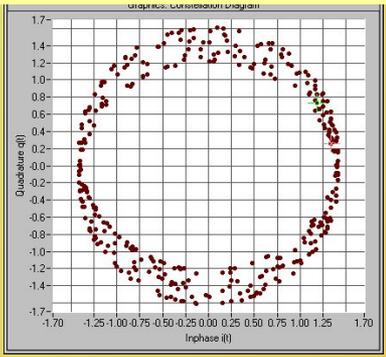


Разбаланс фаз

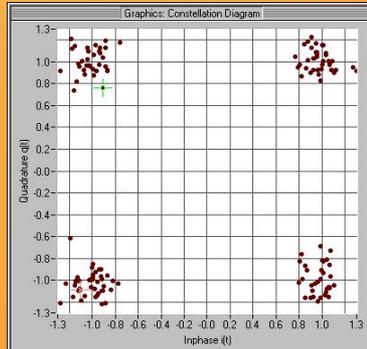


Побочные опорного генератора

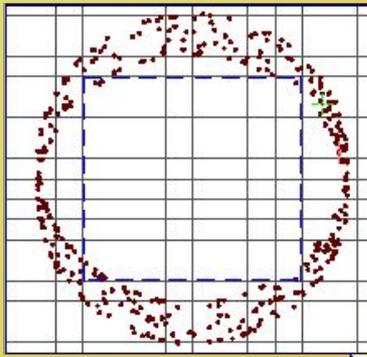
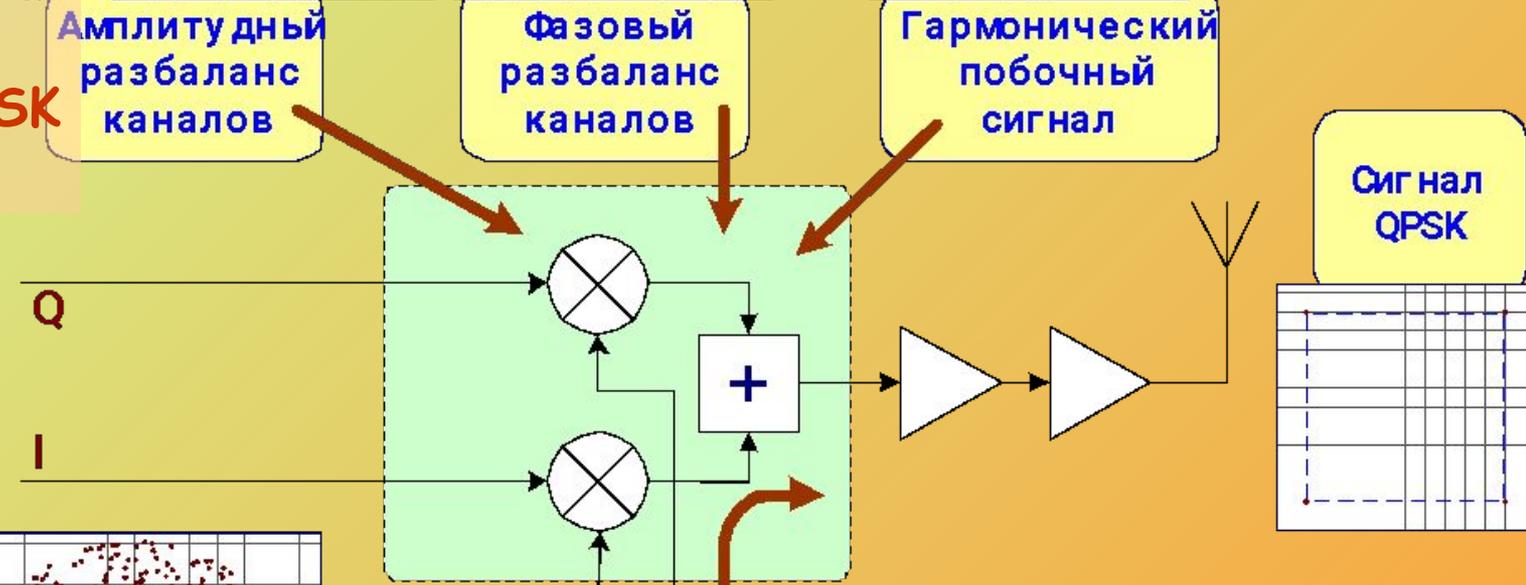
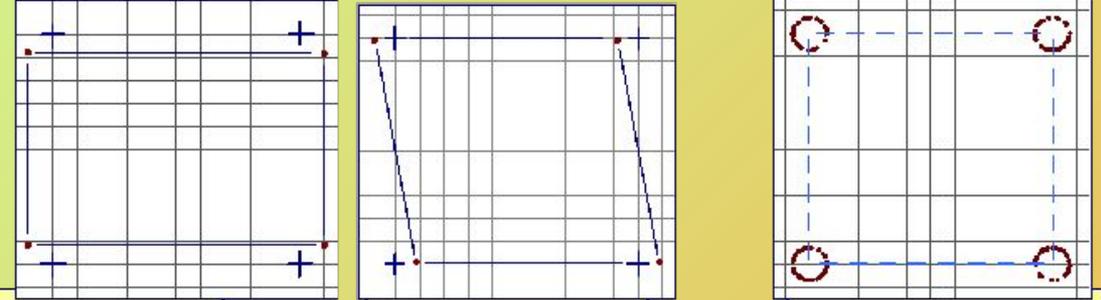
Шумы опорного генератора



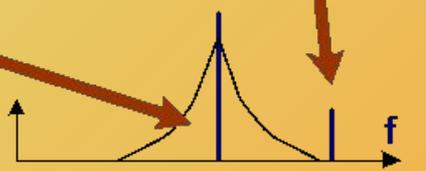
Шумы тракта передачи



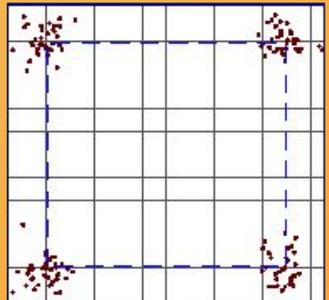
Изучение влияния качества квадратурного модулятора на сигналное созвездие QPSK сигнала



Побочные опорного генератора



90°



Шумы тракта передачи