

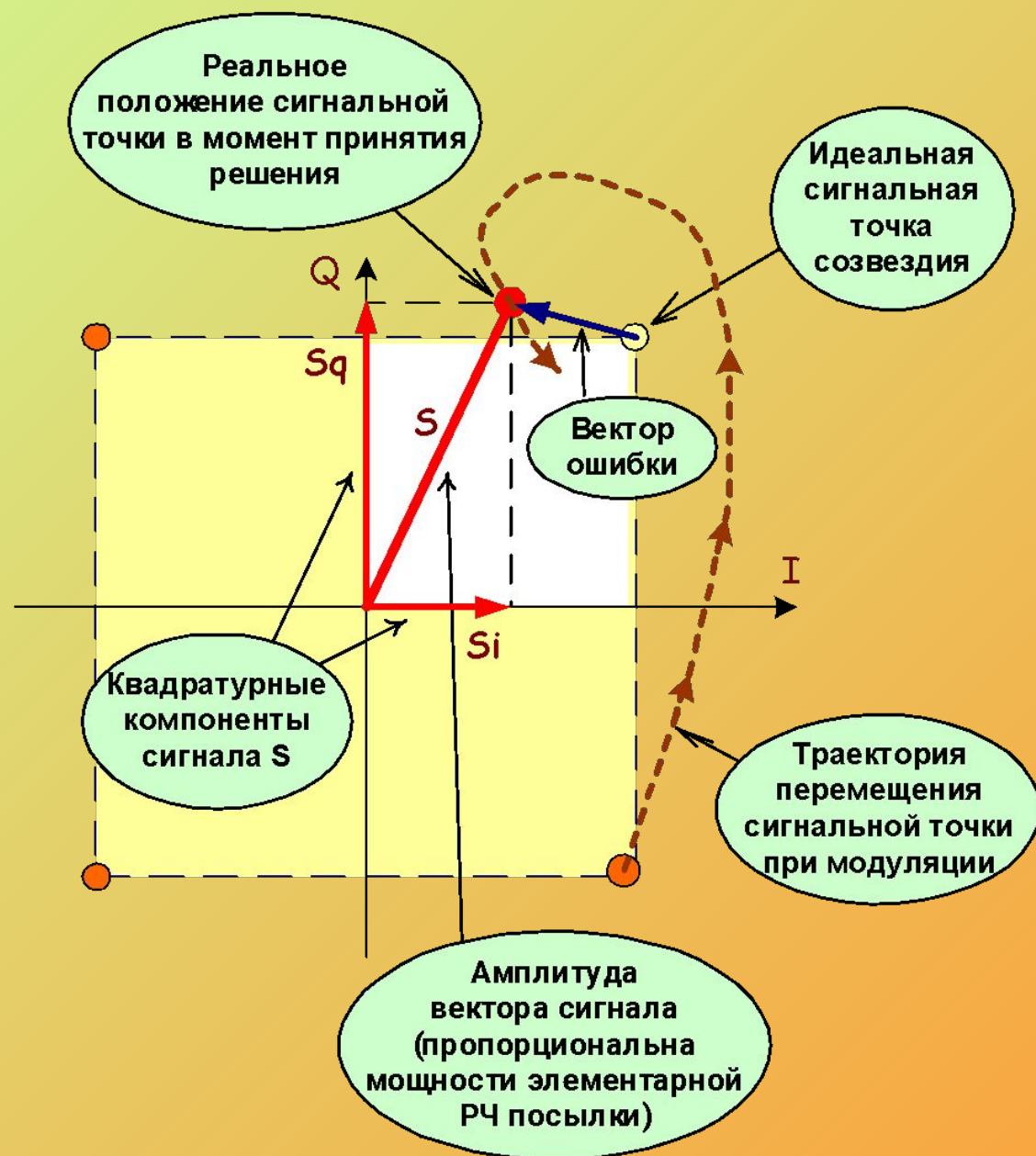
Пакет прикладных программ векторного анализа и синтеза модулированных сигналов "Вектор"



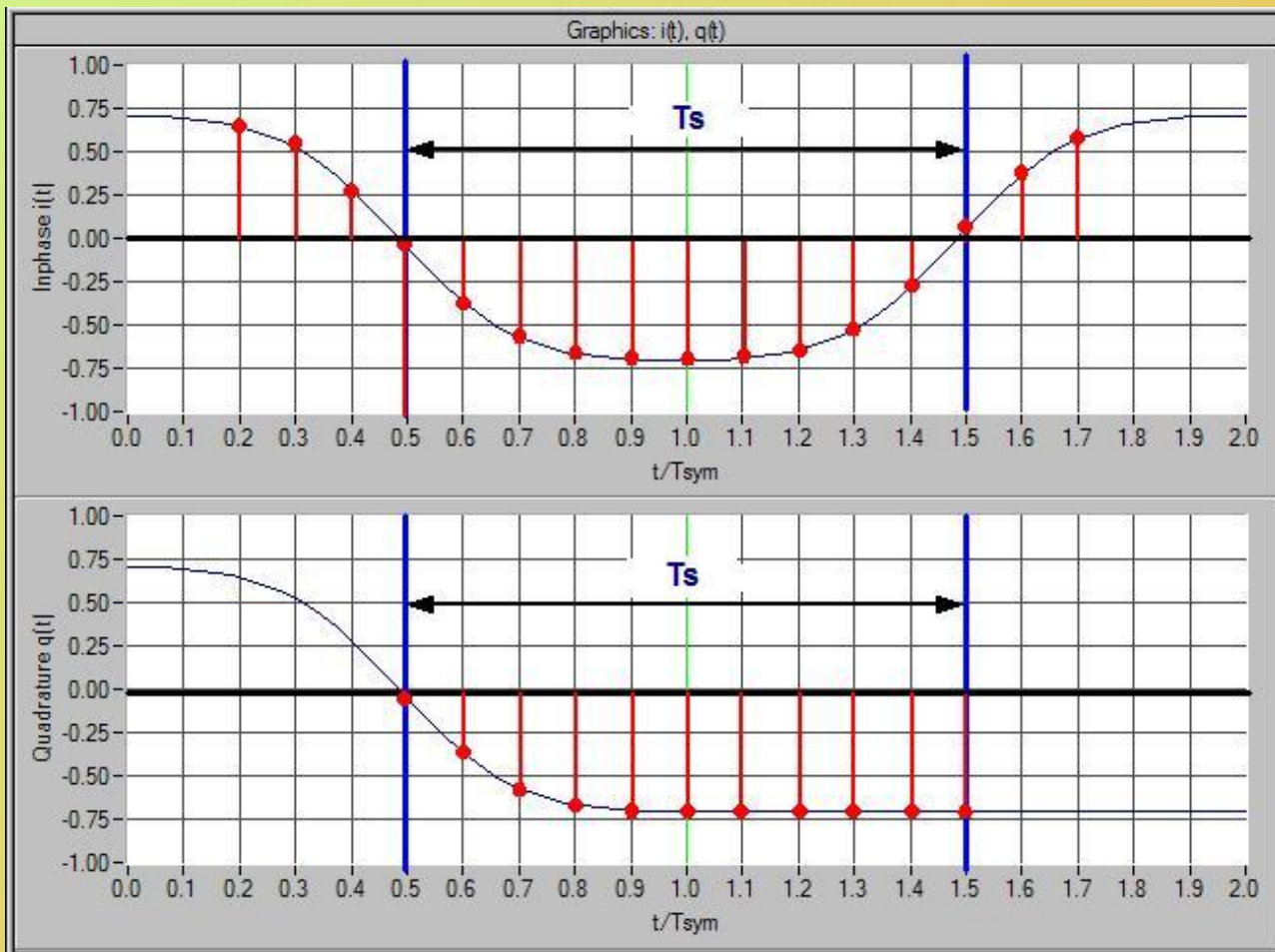
Векторный анализ и синтез сигналов



Квадратурное представление сигнала



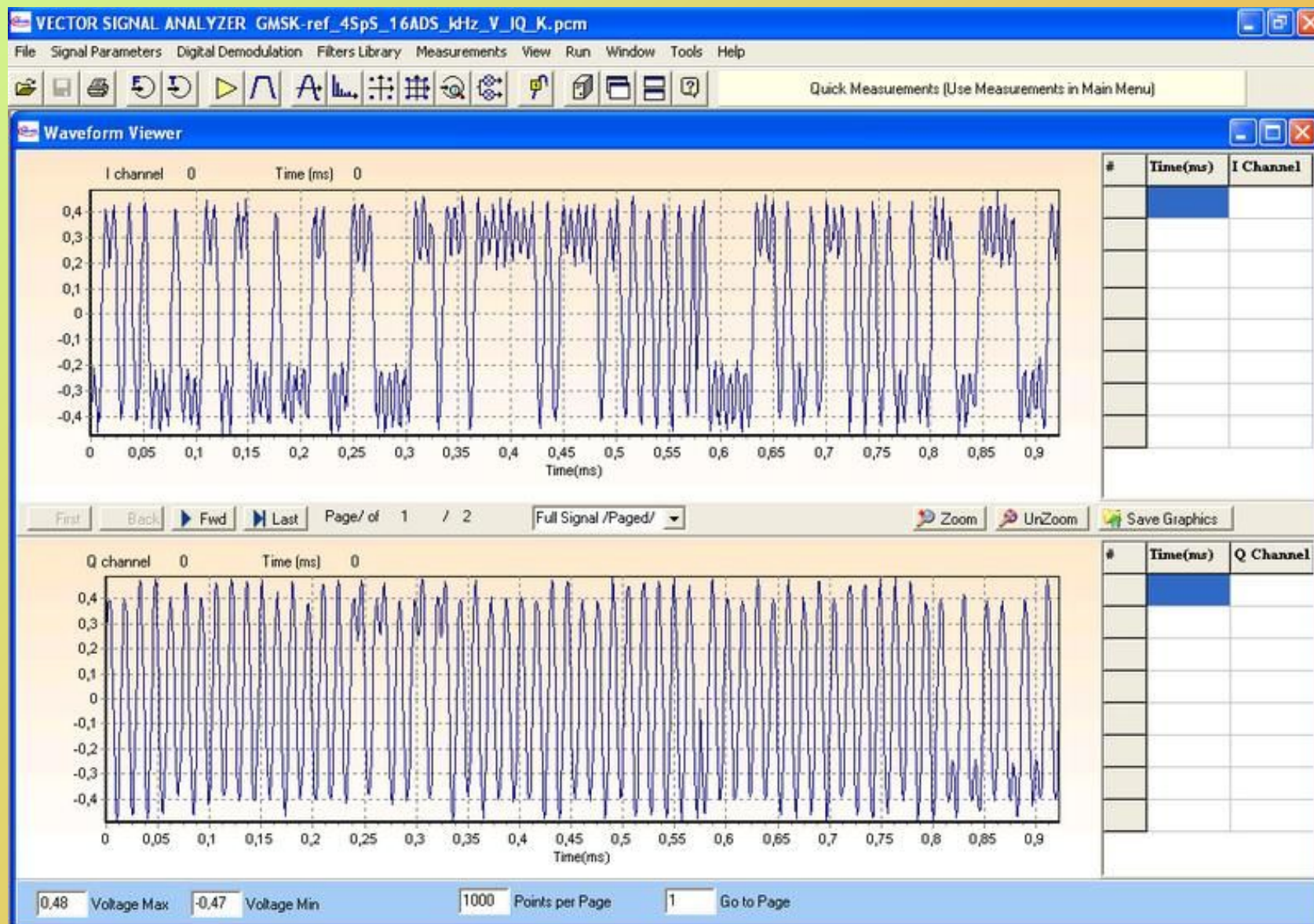
Векторное представление модулированного сигнала



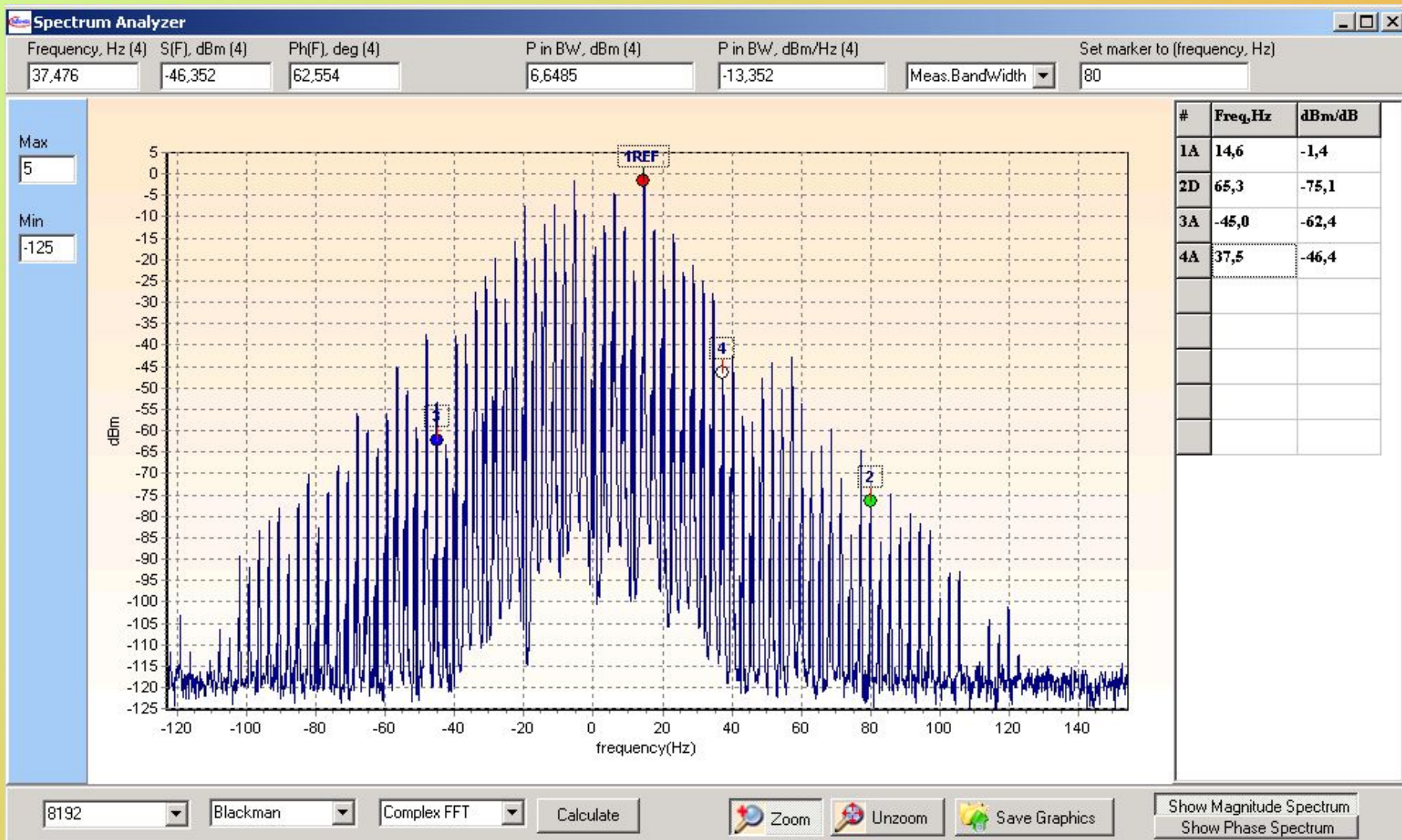
*Процесс
формирования
отсчетов
квадратурных
компонент при
 $SpS=10$*



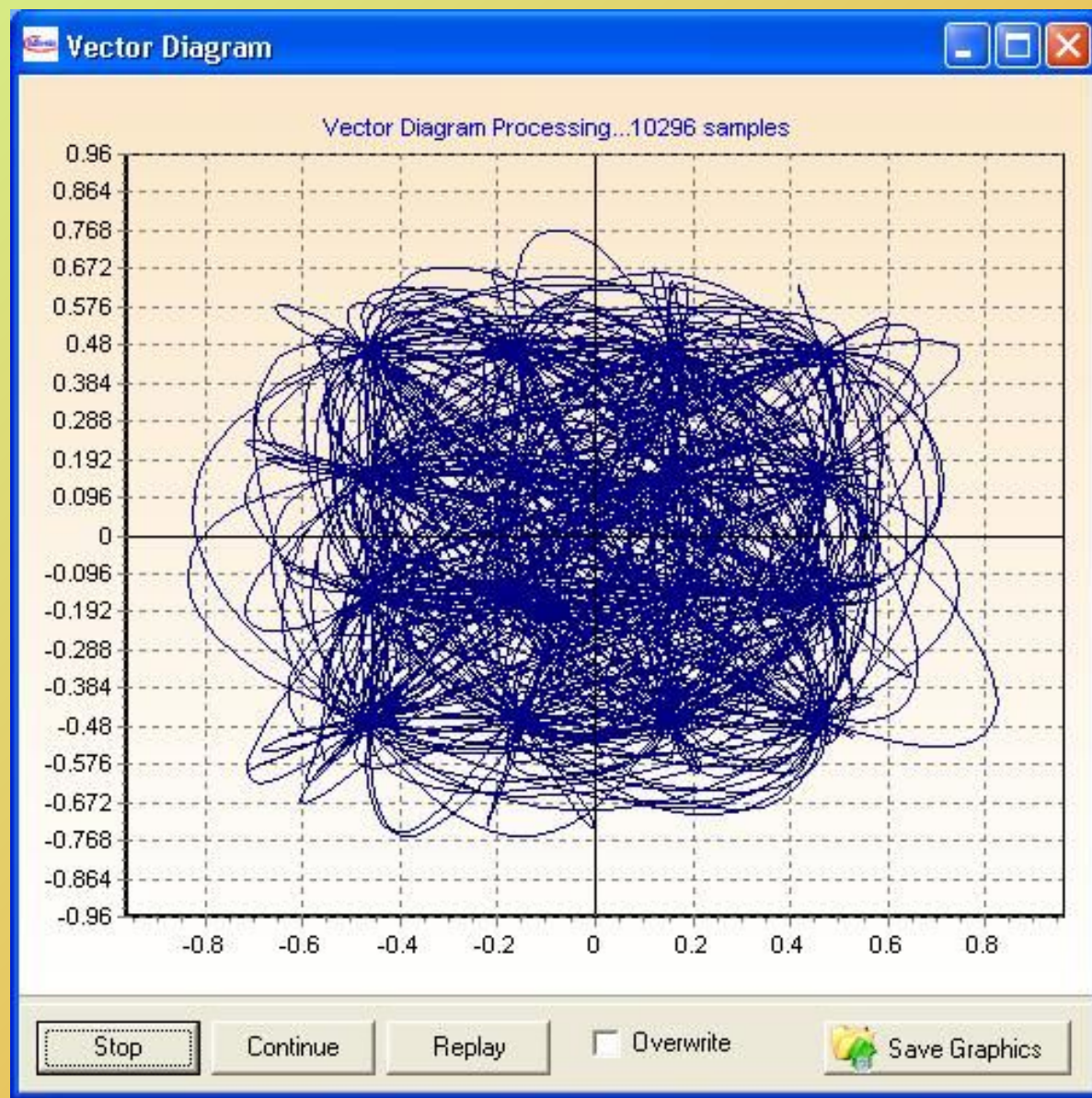
Сложный характер сигналов



Сложный характер сигналов



Сложный характер сигналов



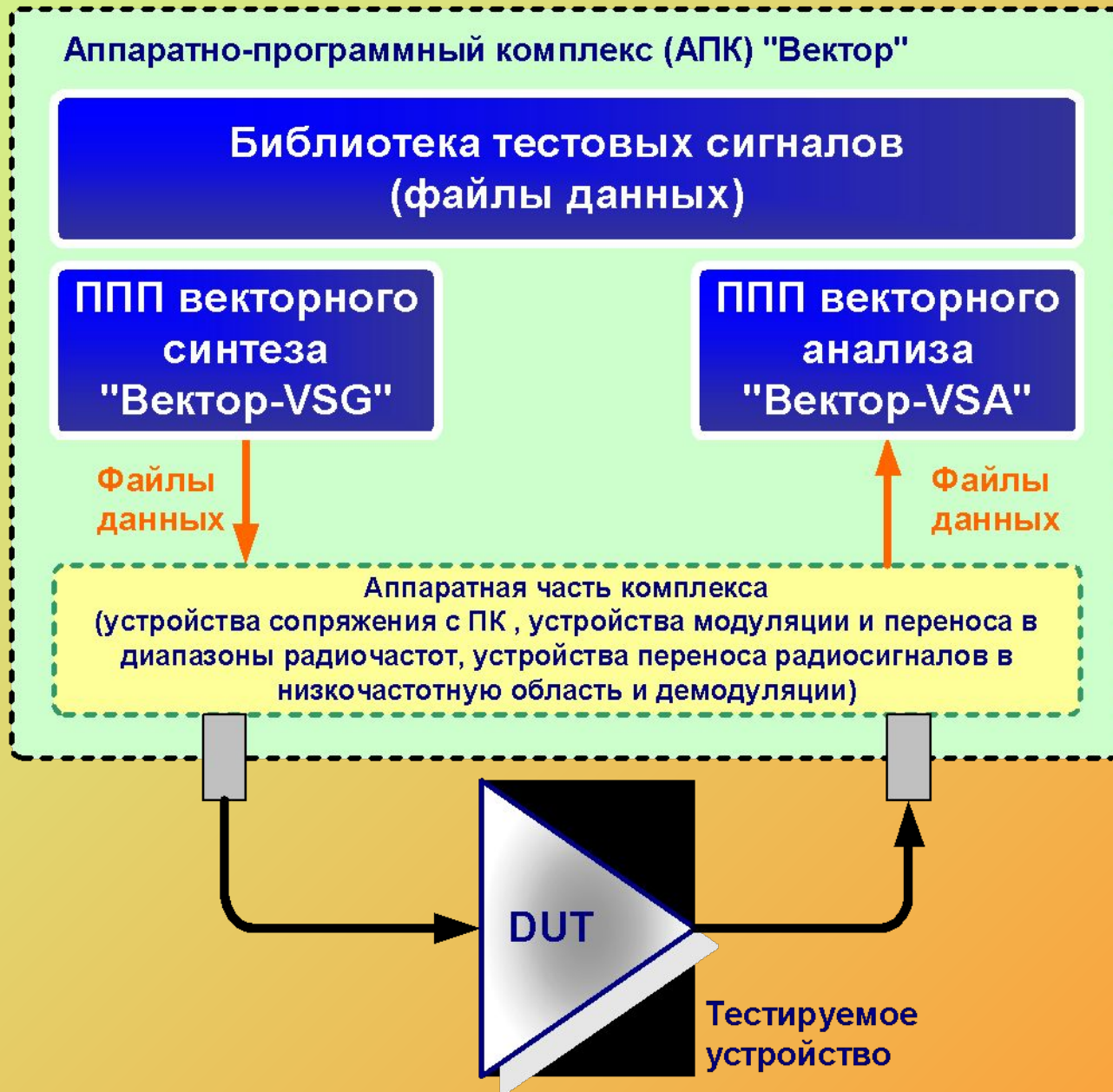
Нарушения целостности сигнального созвездия

Нарушения целостности сигнального созвездия

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



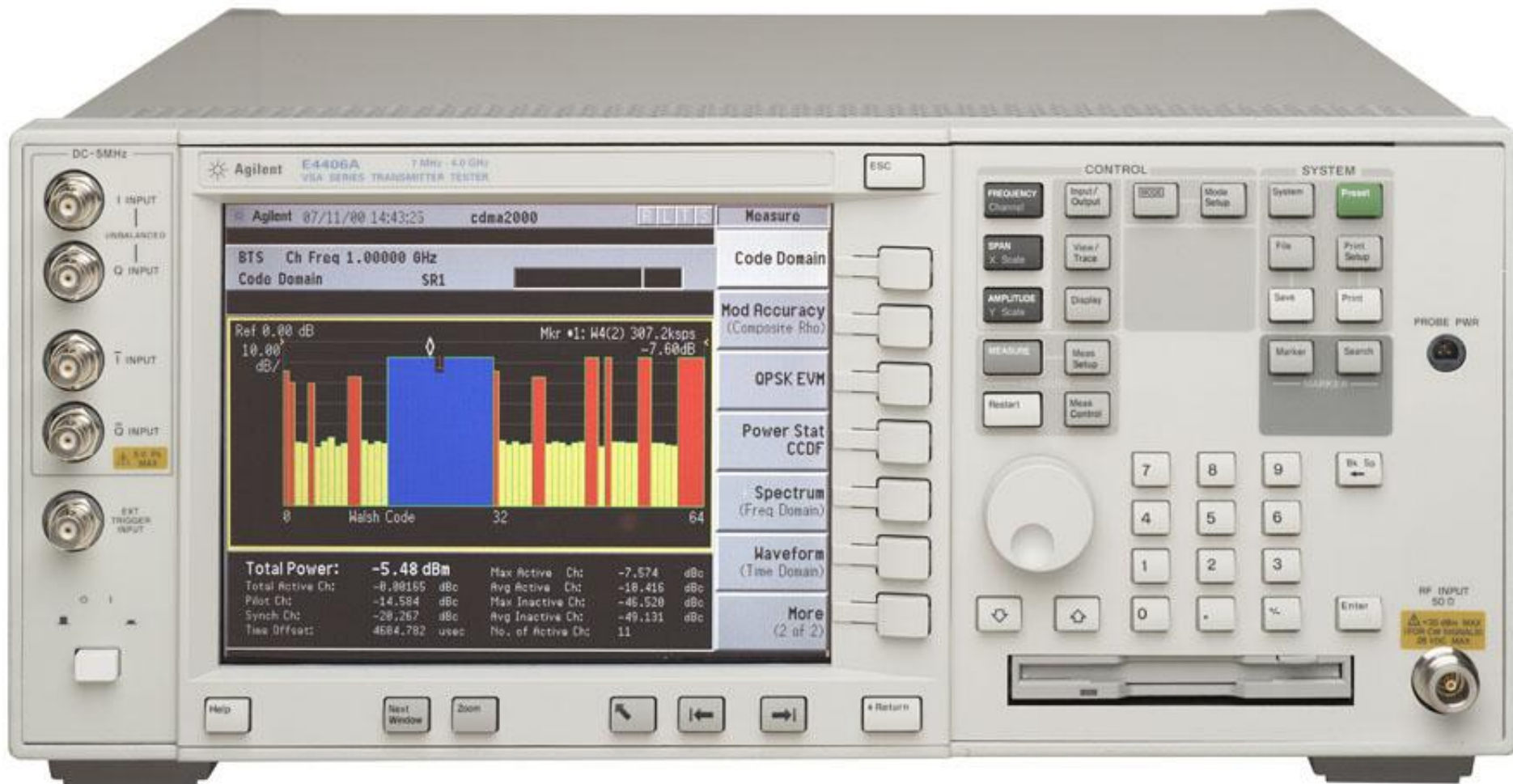
Аппаратно-программный комплекс (АПК)



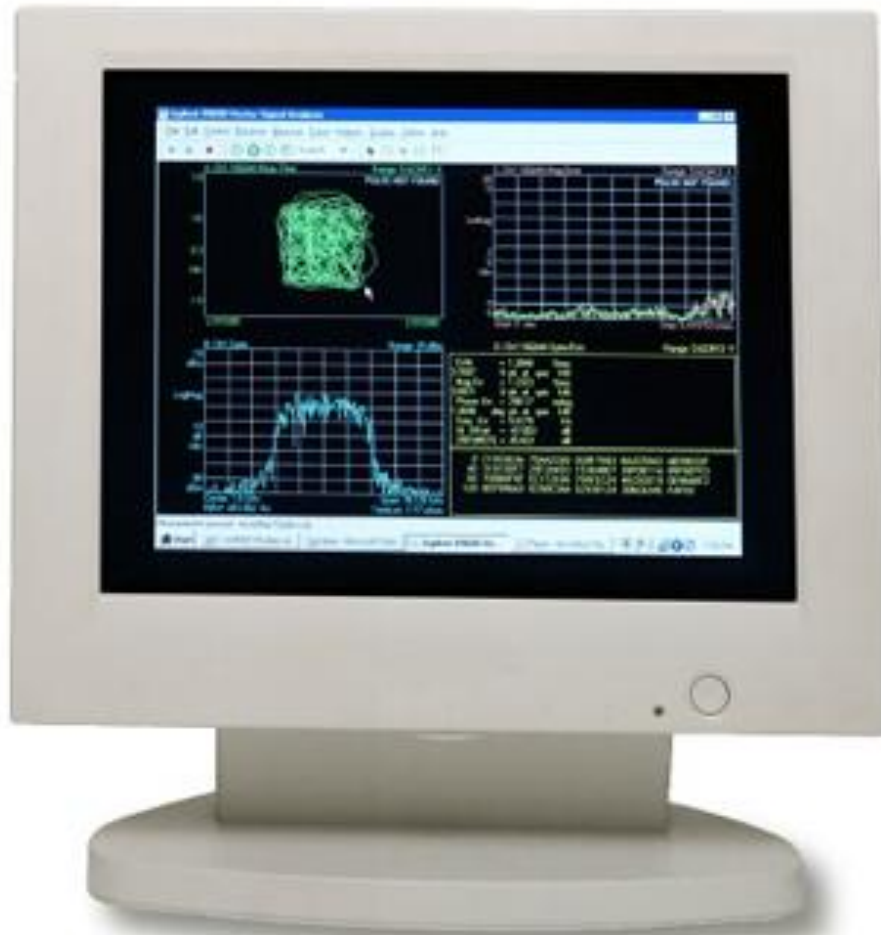
Прототипы разрабатываемого аппаратного- программного комплекса



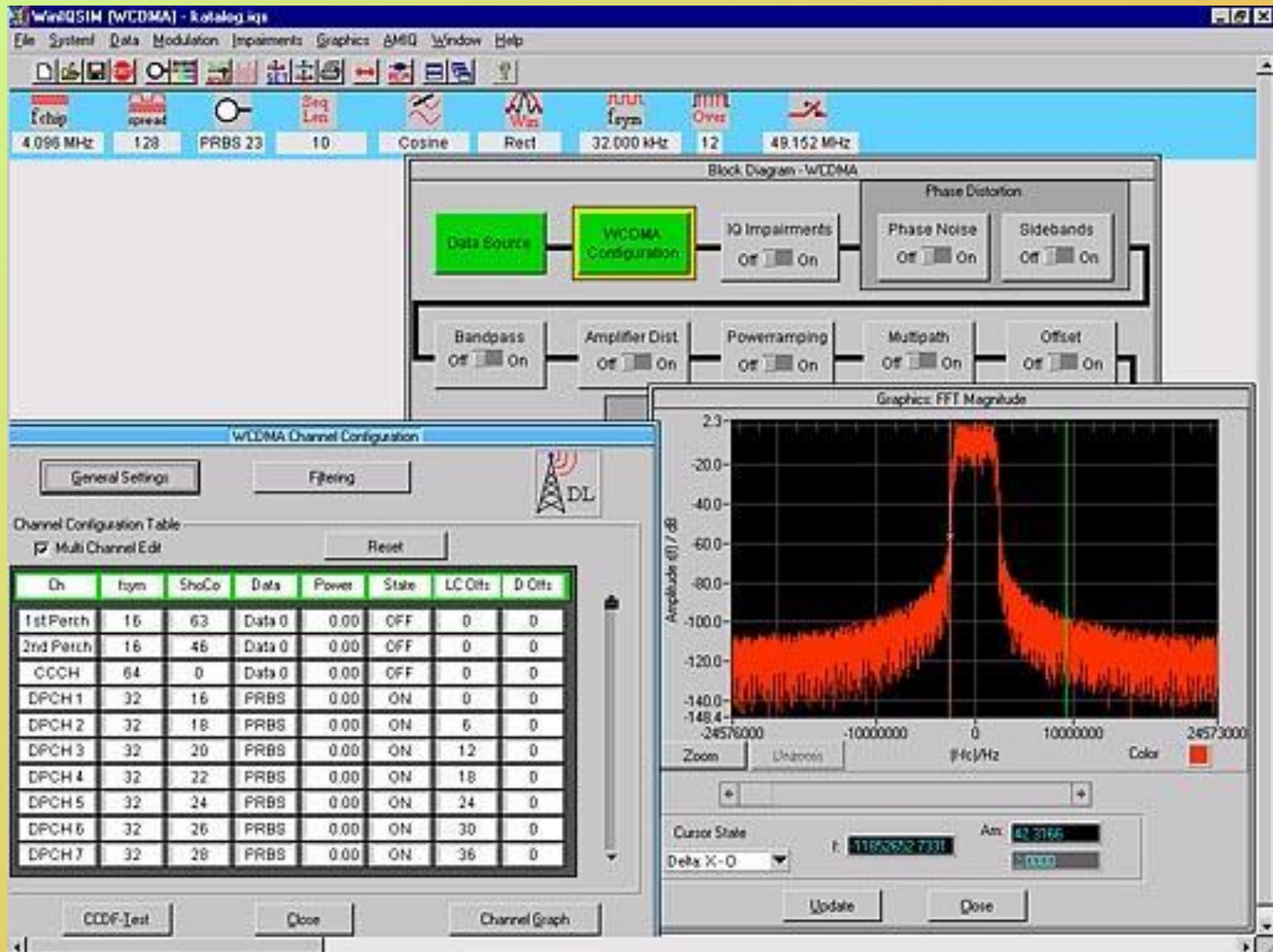
Agilent - E4406A VSA



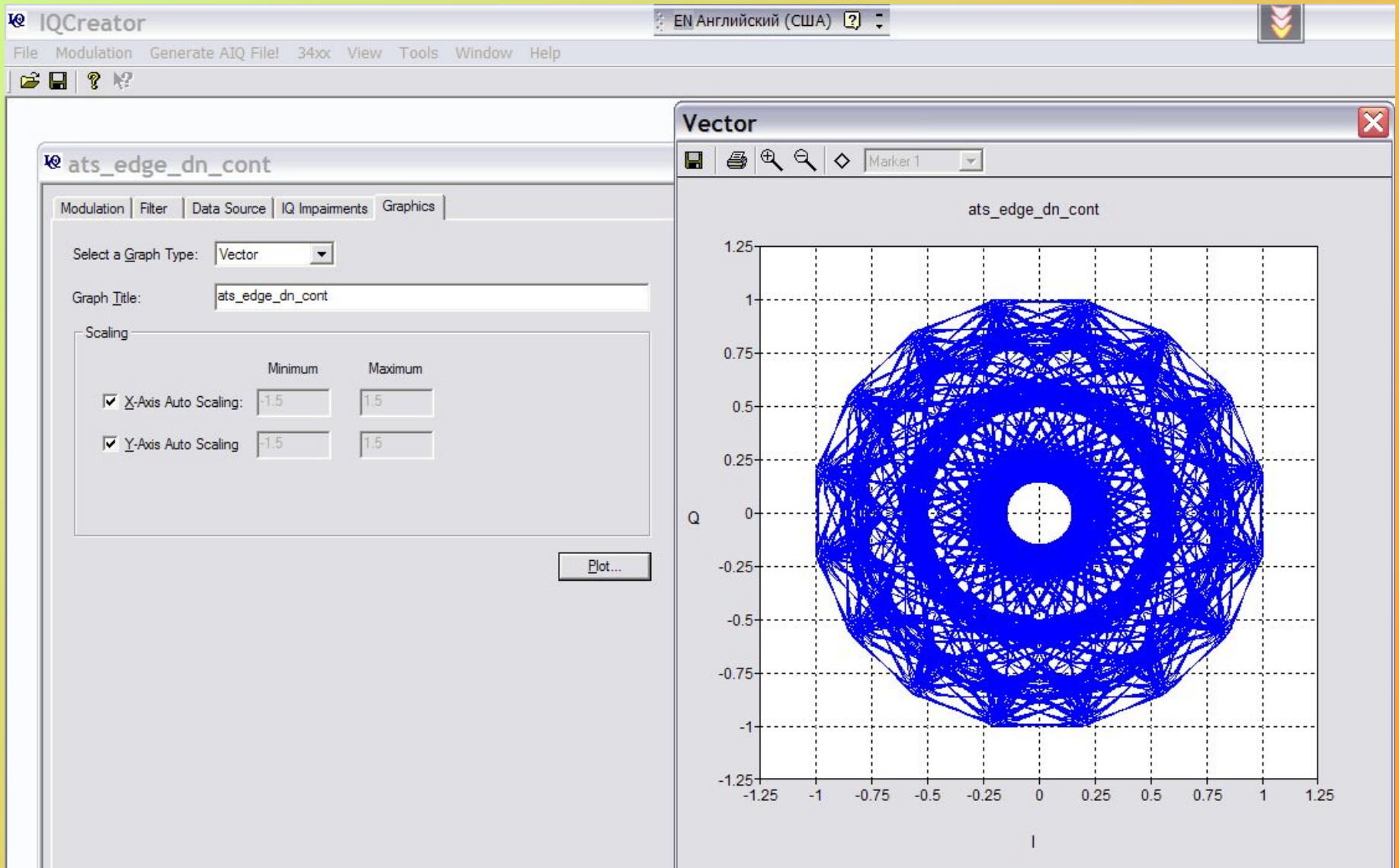
Agilent - 89640A VSA



R&S WinIQSIM Simulation Software



IQ creator - Aeroflex



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

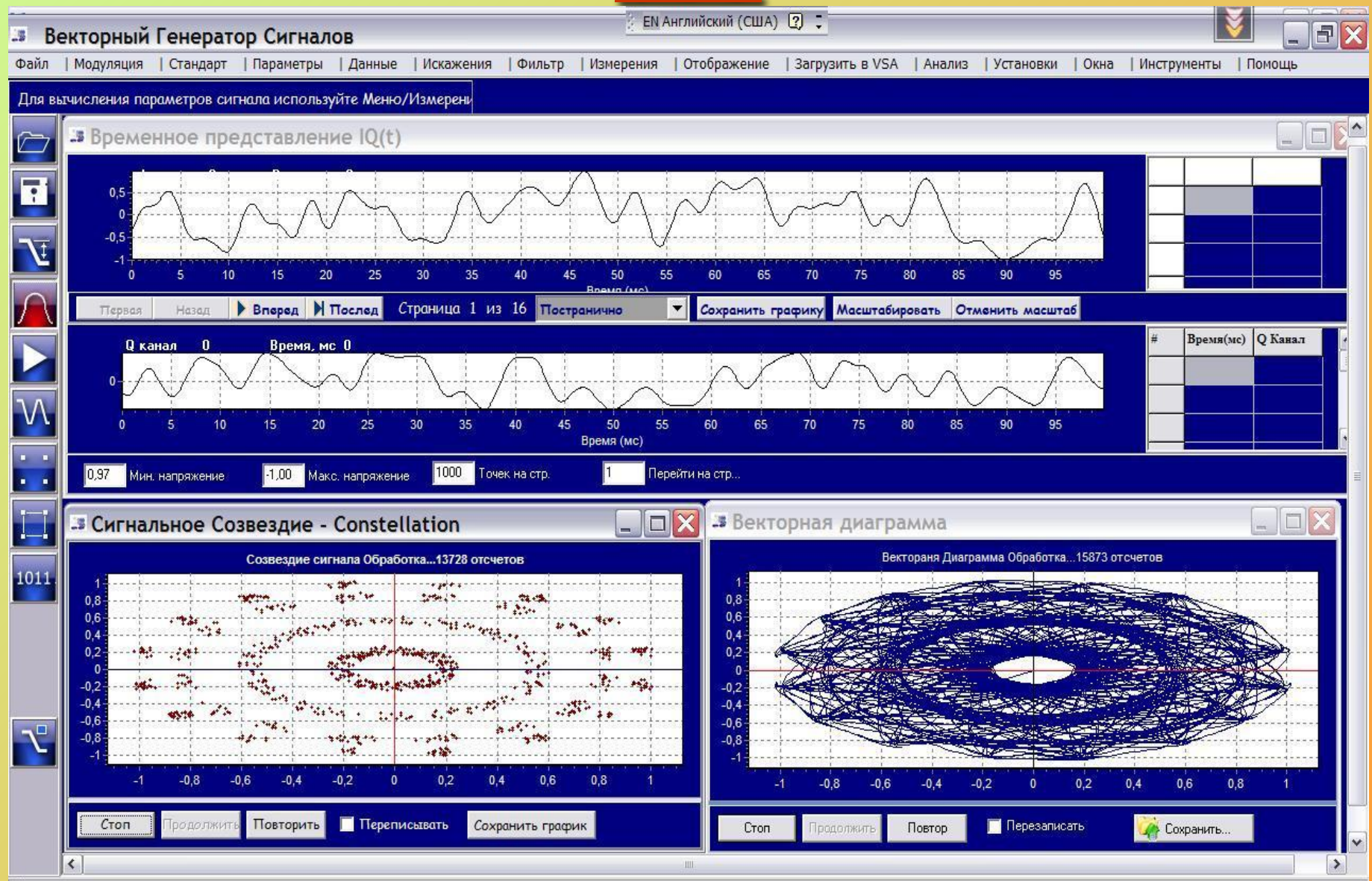
Просмотр набора анализируемых
данных

Просмотр векторных диаграмм

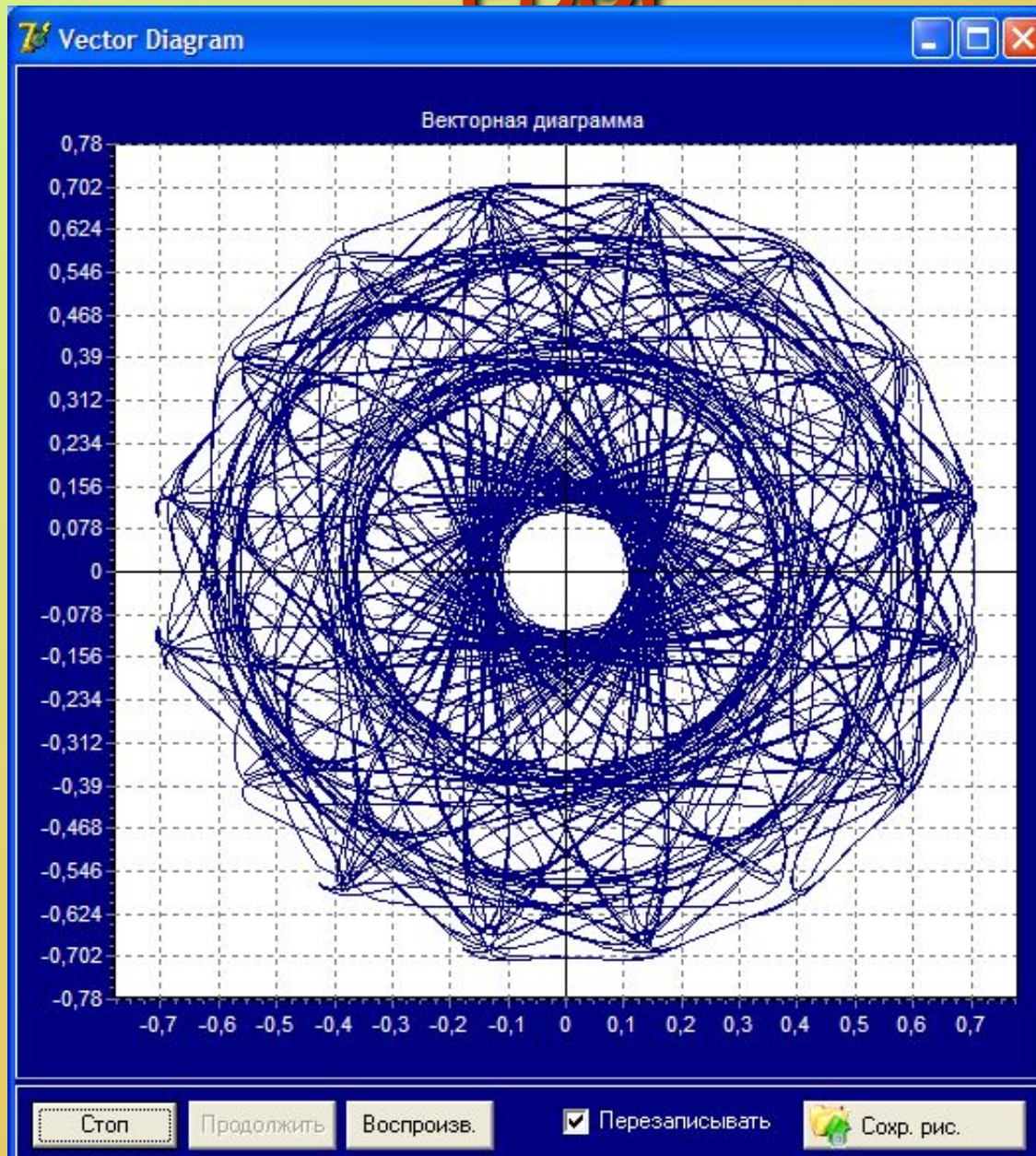
Просмотр сигнального созвездия



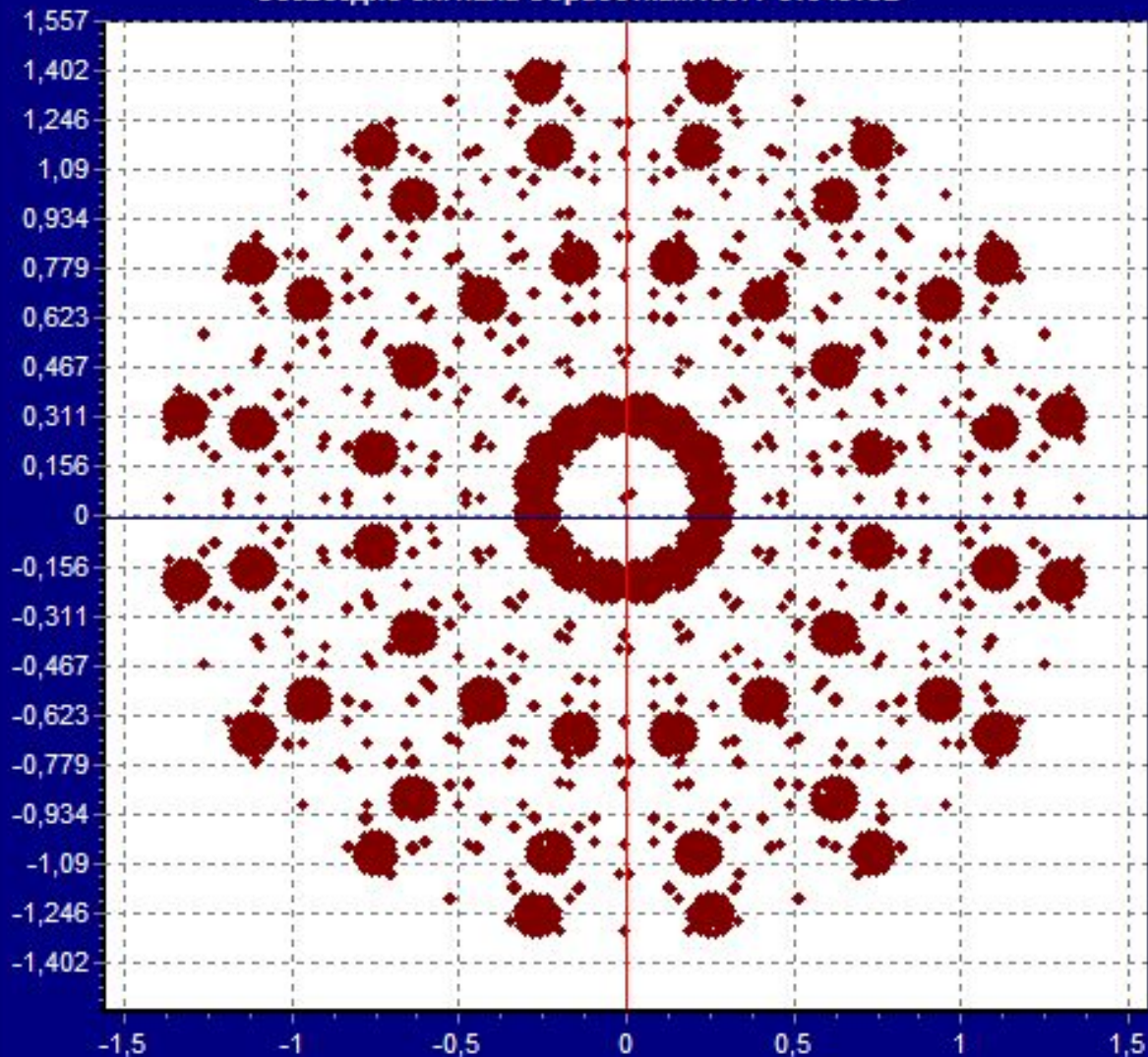
Общий вид интерфейса программы VSG



Векторная диаграмма для сигнала **FDGF**



Созвездие сигнала Обработка...19877 отсчетов



Сигнальное
созвездие
для сигнала
EDGE с
внесенными
искажениями

Стоп

Продолжить

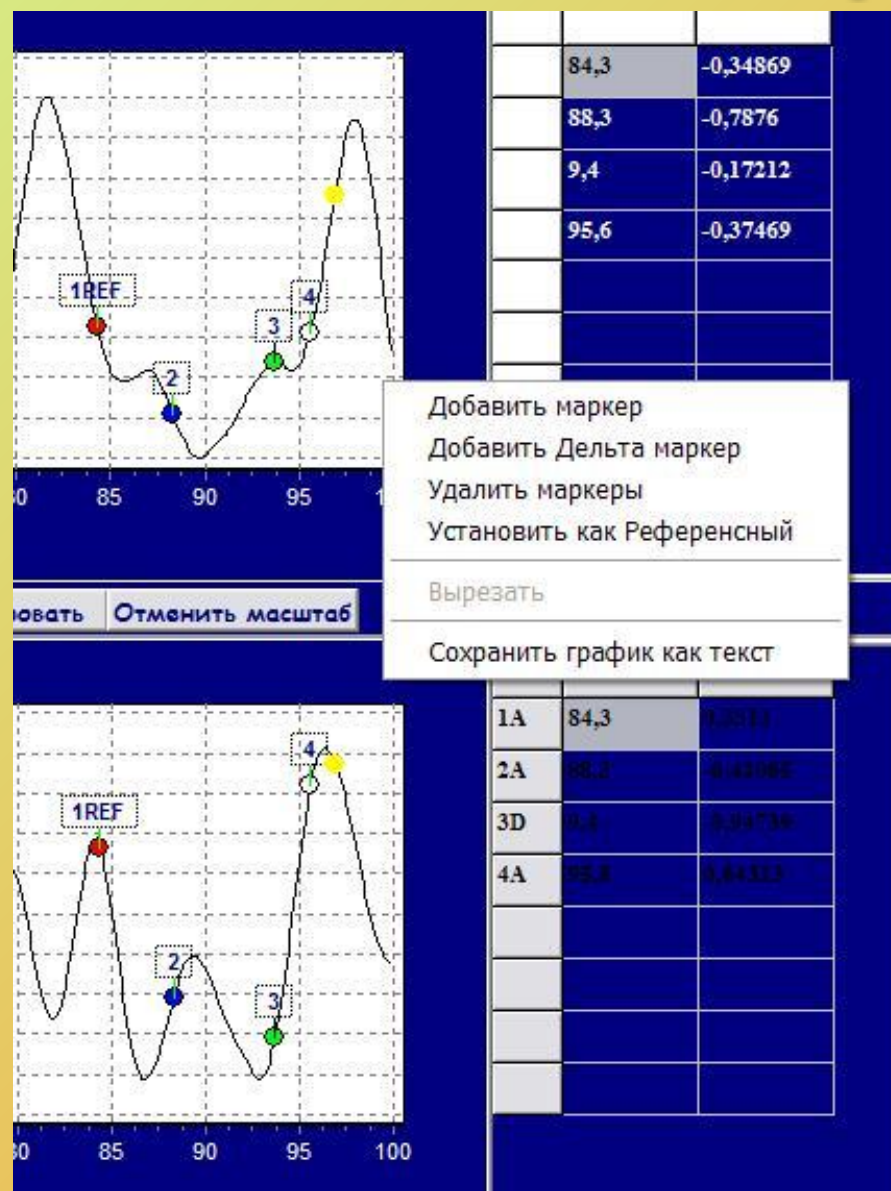
Повторить

☐ Переприсывать

Сохранить график



Использование маркеров



Введение КОМПЛЕКСНЫХ ИСКАЖЕНИЙ

Искажения

IQ Разбалас

Разбаланс по амплитуде, дБ : ☐

Разбаланс по фазе, град : ☐

Шум

С/Ш, дБ : ☐

ГУН

Фазовый шум, град : ☐

Дискретная побочная, расстройка, Гц : ☐

Дискретная побочная, уровень, дБ : ☐

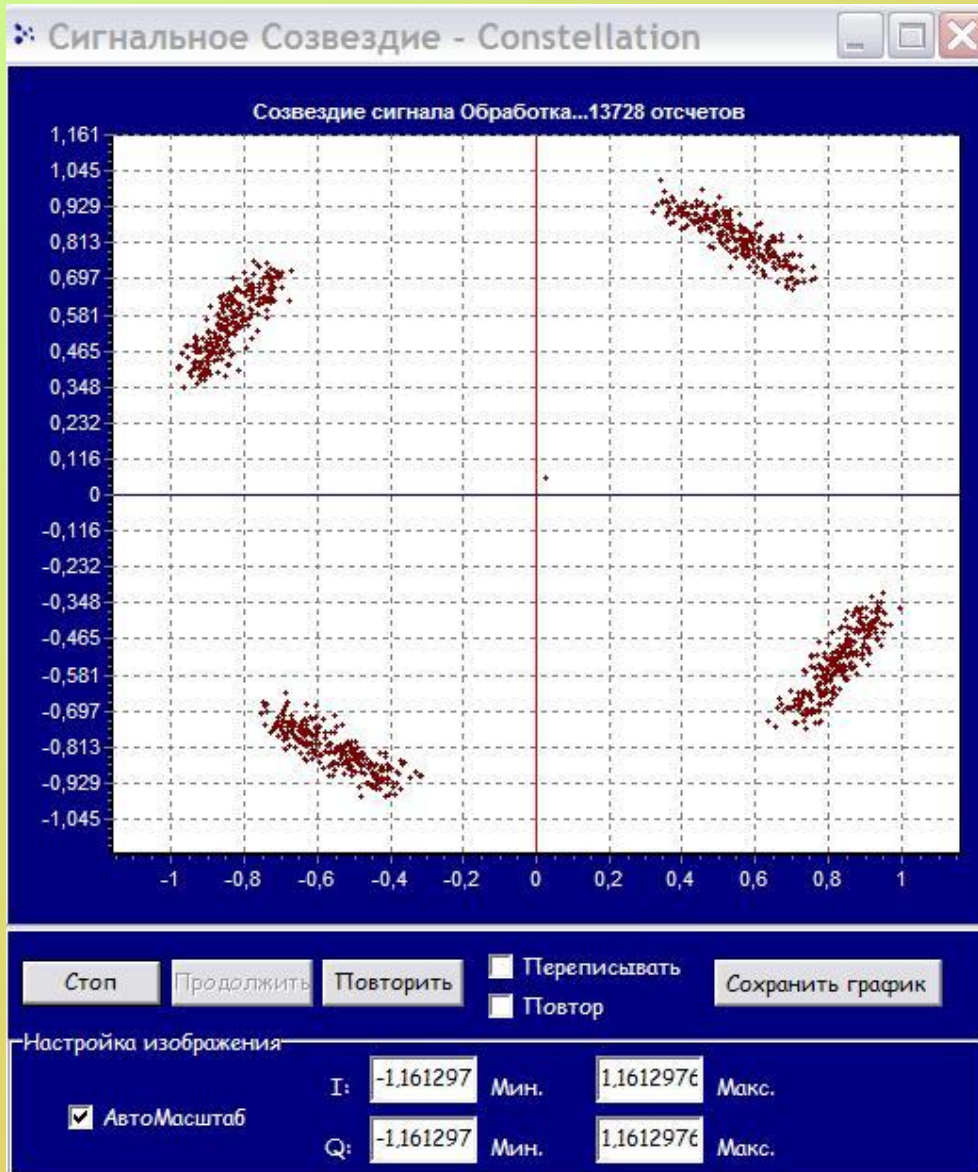
Сдвиг

По фазе, град : ☐

По частоте, Fдискр: ☐

По уровню I, % : ☐ Q, % : ☐

Введение комплексных искажений



Искажения

IQ Разбаланс

Разбаланс по амплитуде, % : 3 ☐

Разбаланс по фазе, град : 10 ☐

Шум

С/Ш, дБ : 25 ☒

ГУН

Фазовый шум, град : 5 ☐

Дискретная побочная, расстройка, Гц : 0 ☐

Дискретная побочная, уровень, дБ : 0 ☐

Сдвиг

По фазе, град : 15 ☐

По частоте, $f_{\text{дискр}}$: 0,000004 ☒

По уровню I, % : 10 ☐ Q, % : 15 ☐

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 | EN Англ

Вычисления параметров сигнала используйте Меню/Измерения

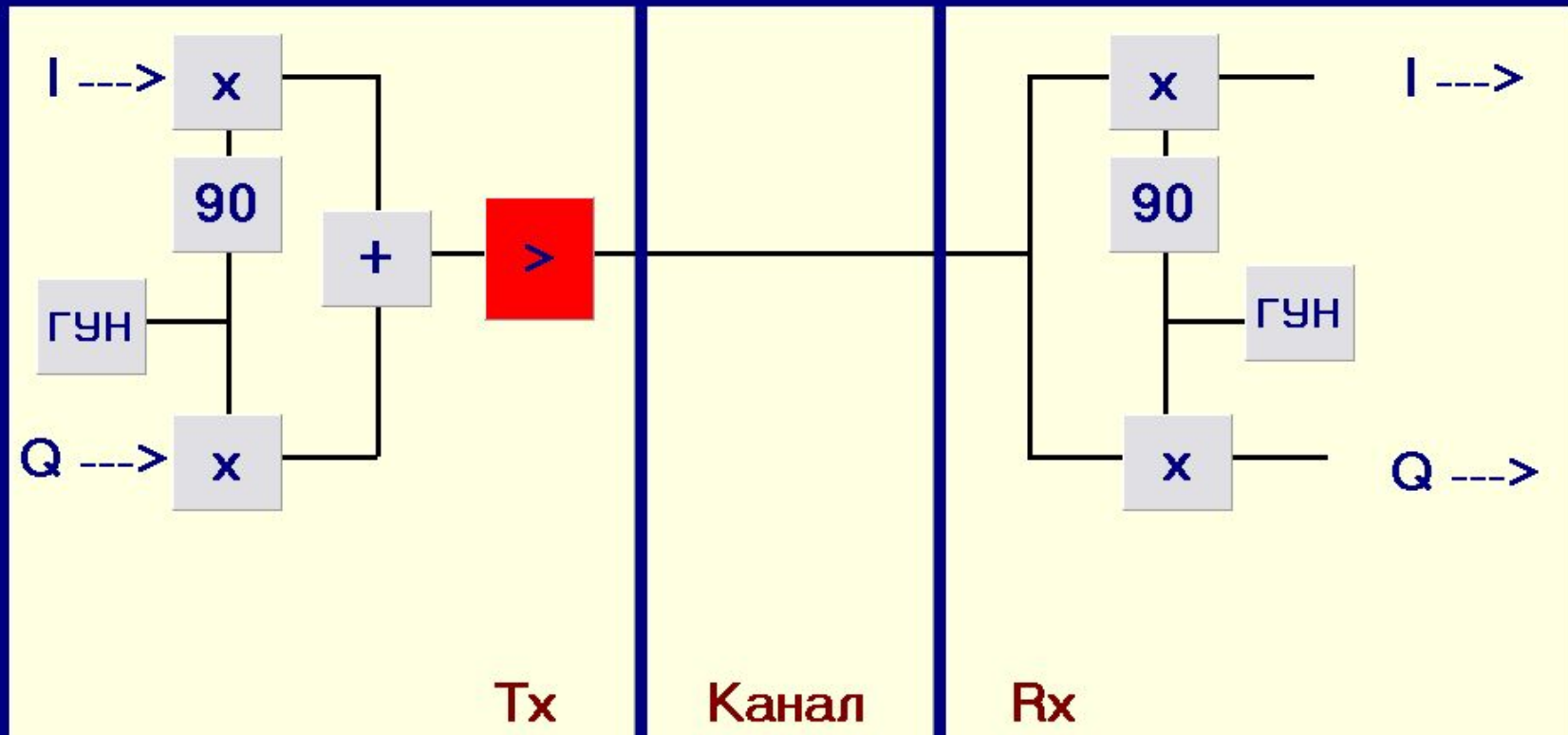
Временное представление IQ(t)

1 канал 0 Время, мс 0

Установка параметров

РЧ Тракты

- ✓ Трасс передачи (Tx)
- ✓ Трасс приема (Rx)
- ✓ Канал связи



Сохранить Установки

Ок

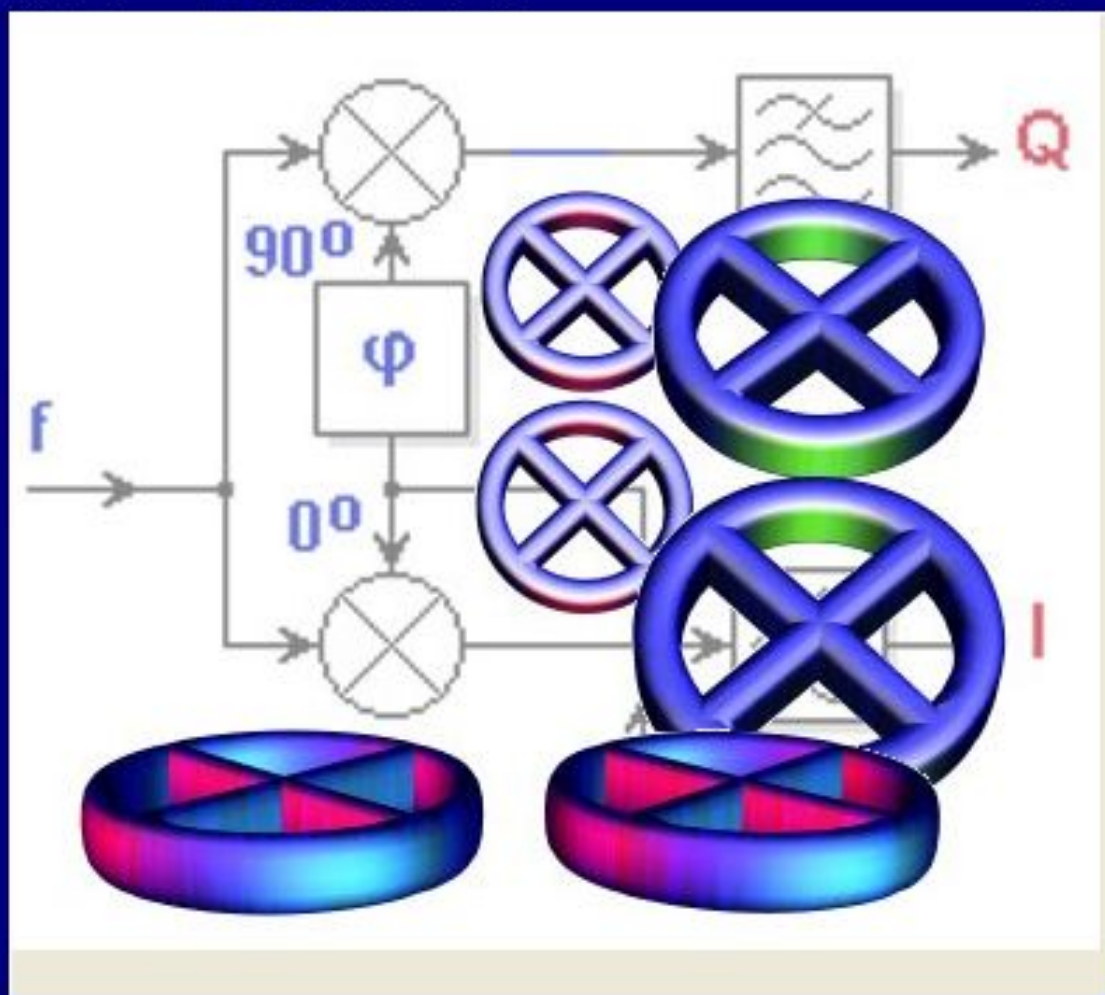
Программа векторного анализа сигналов «Вектор-VSA»



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

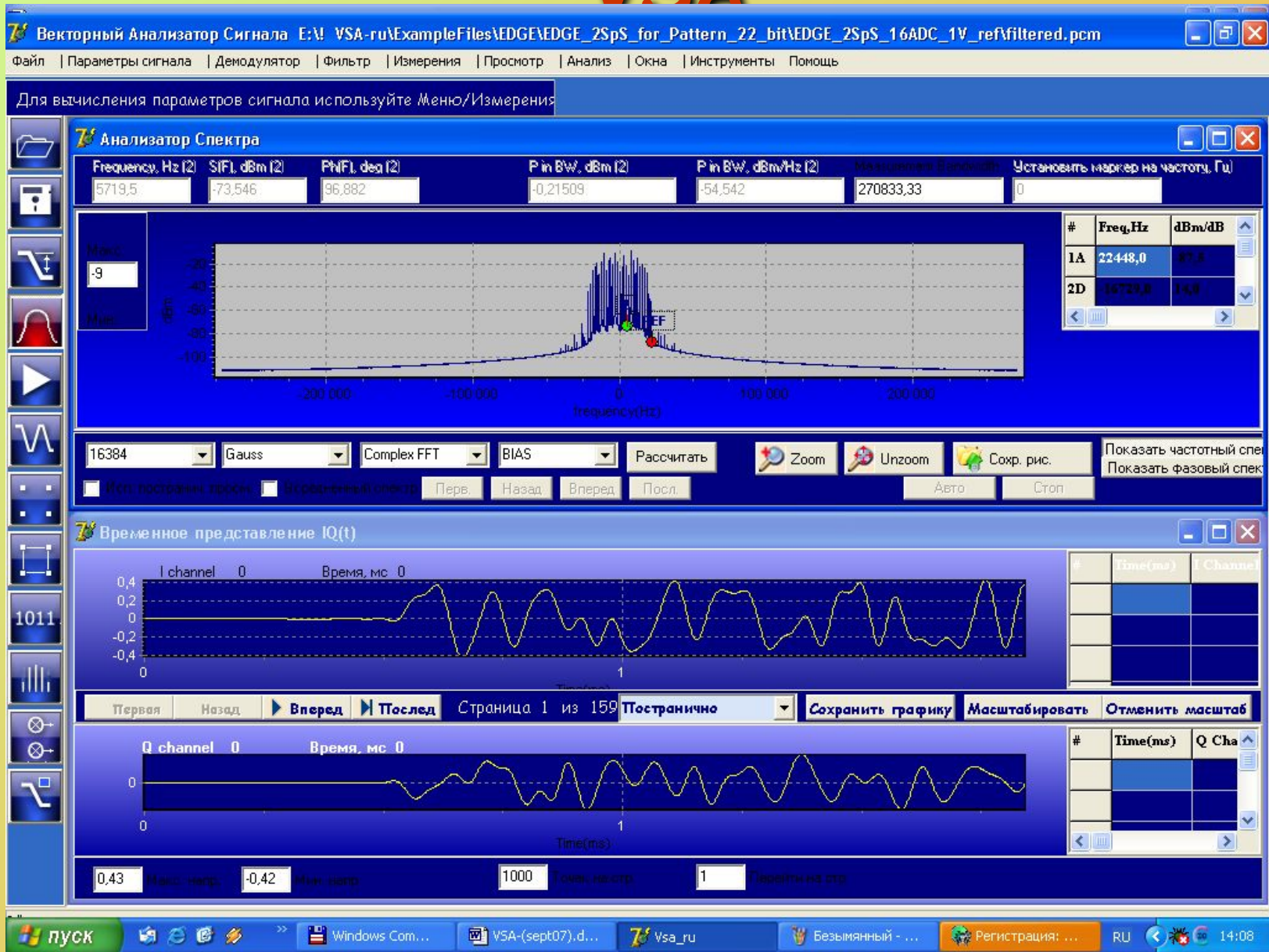
Отображение сигналов во
временной, спектральной области,
на IQ плоскости

Демодуляция сигналов GSM, EDGE

Оценка показателей качества
сигналов (EVM)



Общий вид интерфейса программы VSA



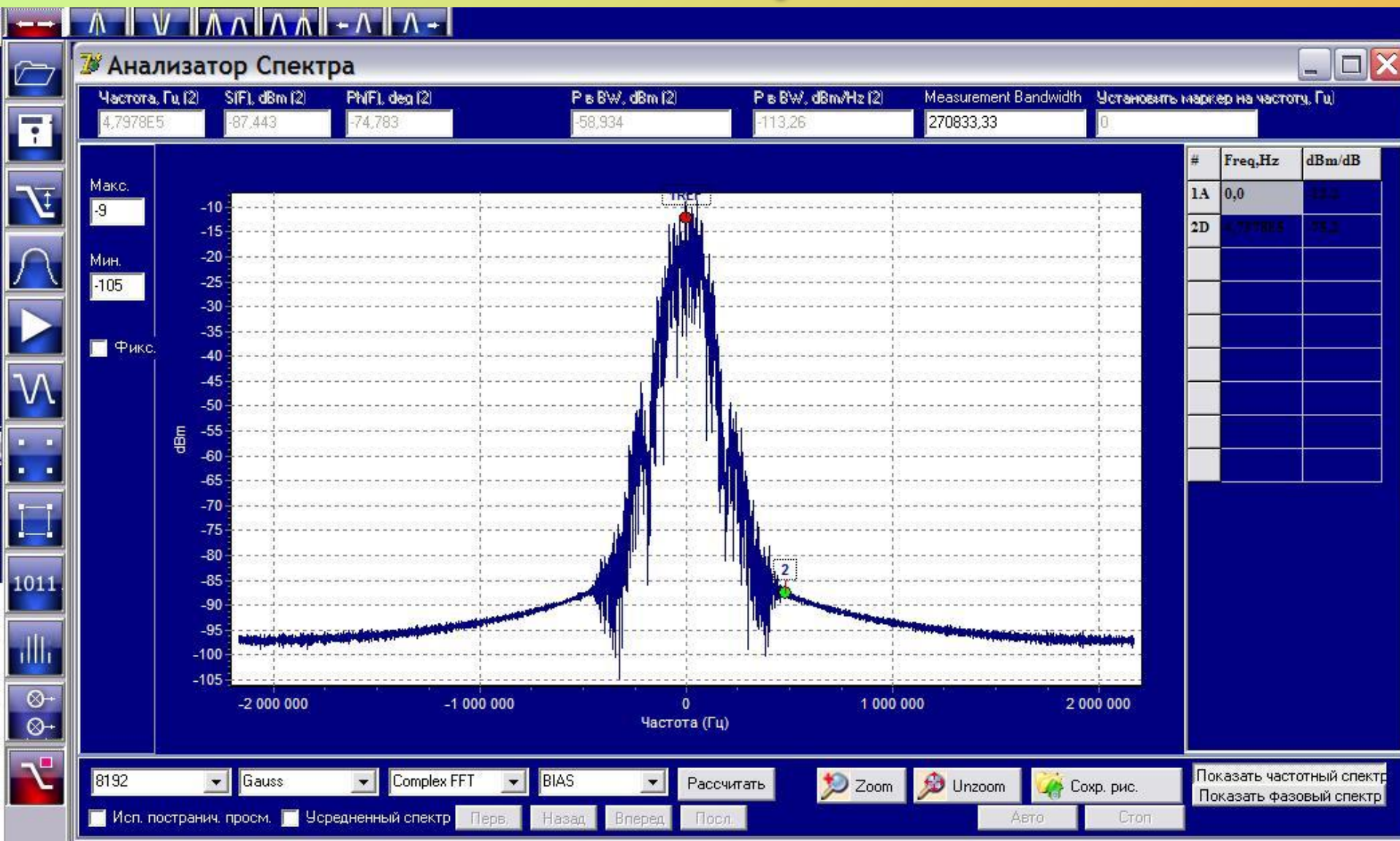
Программные модули для VSA

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.

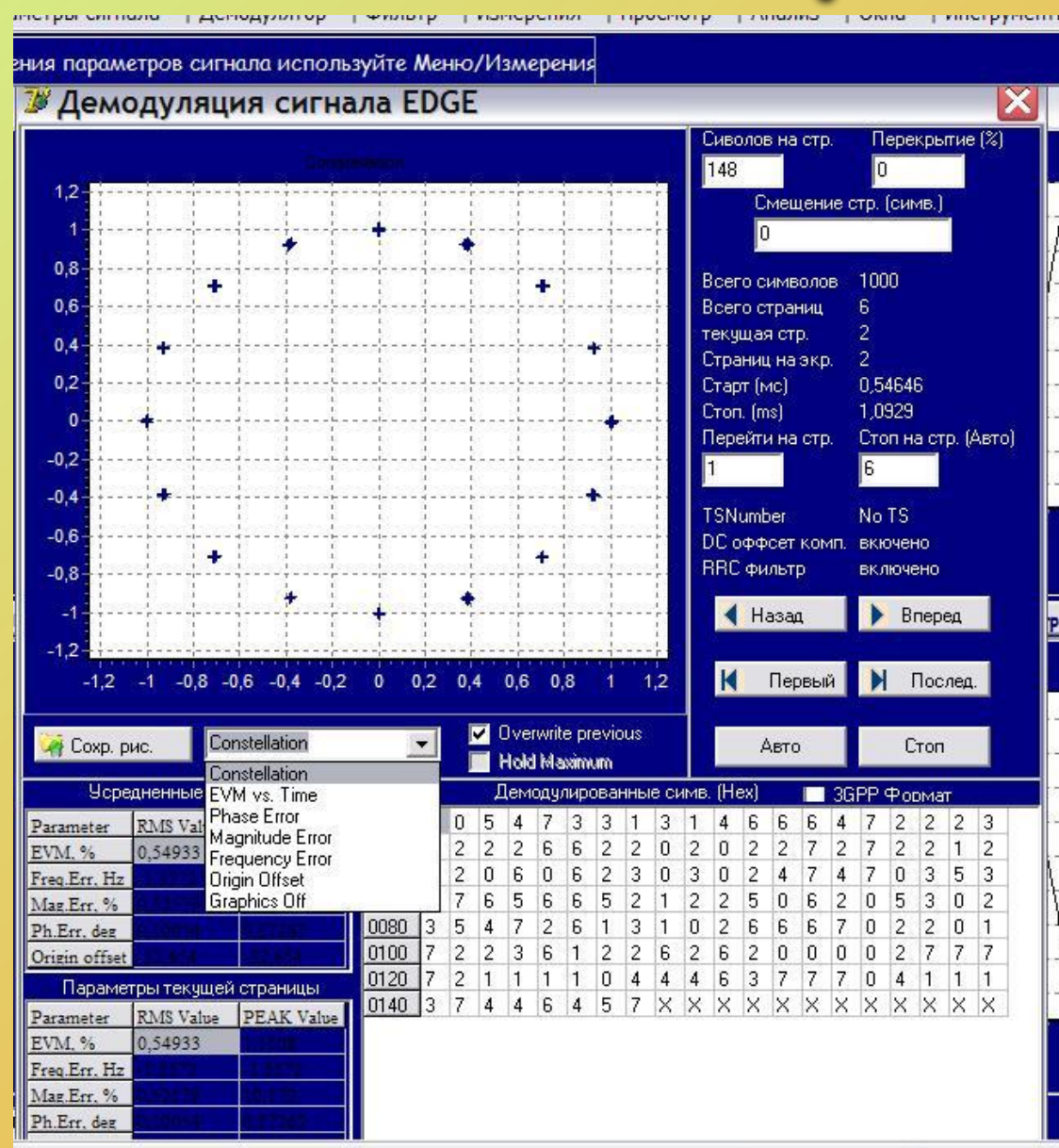
Основные возможности и функции программного комплекса, **реализованные с применением** динамически компокуемых библиотек (DLL):

- 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.

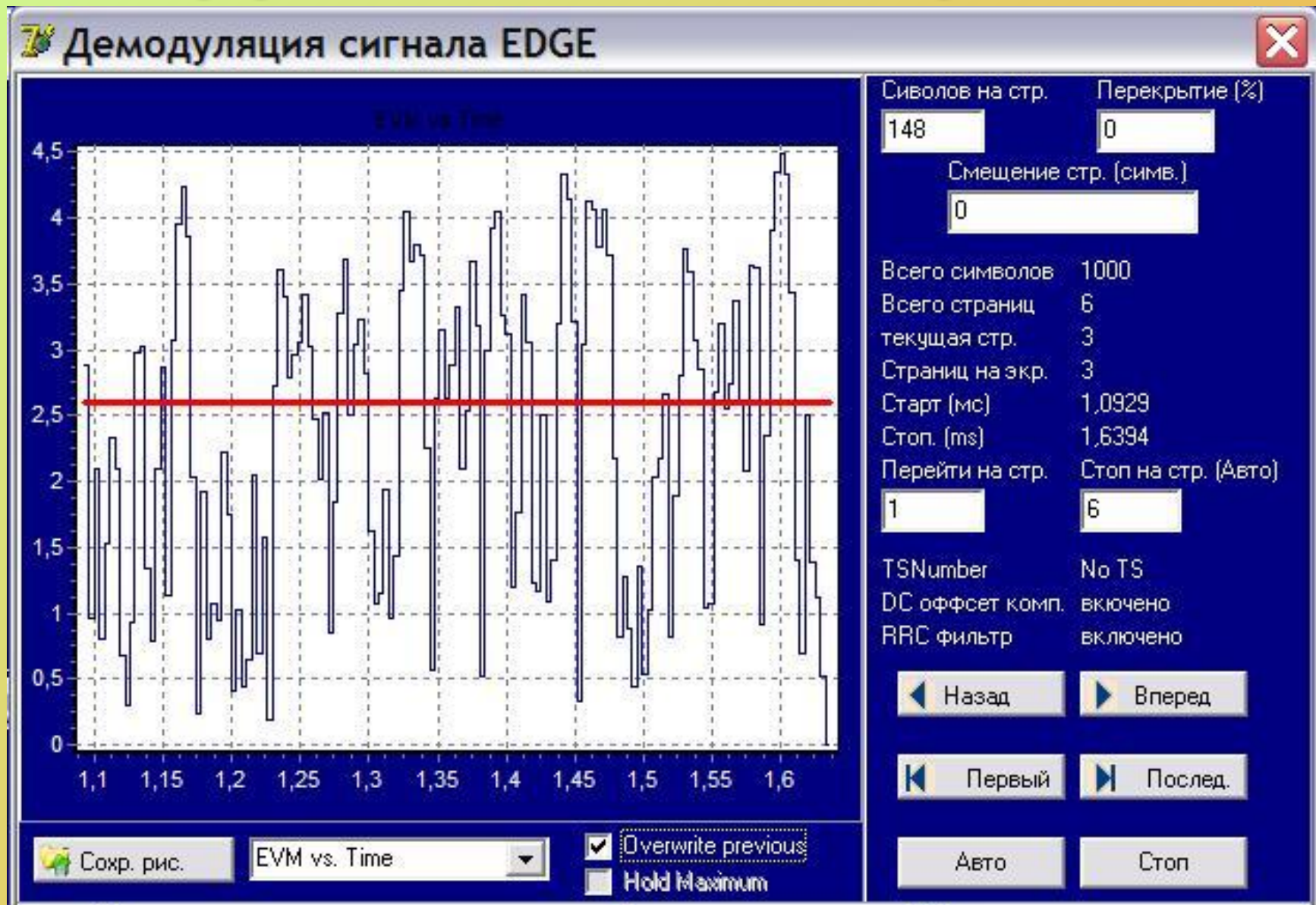
Просмотр амплитудного и фазового спектра



Цифровая демодуляция



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

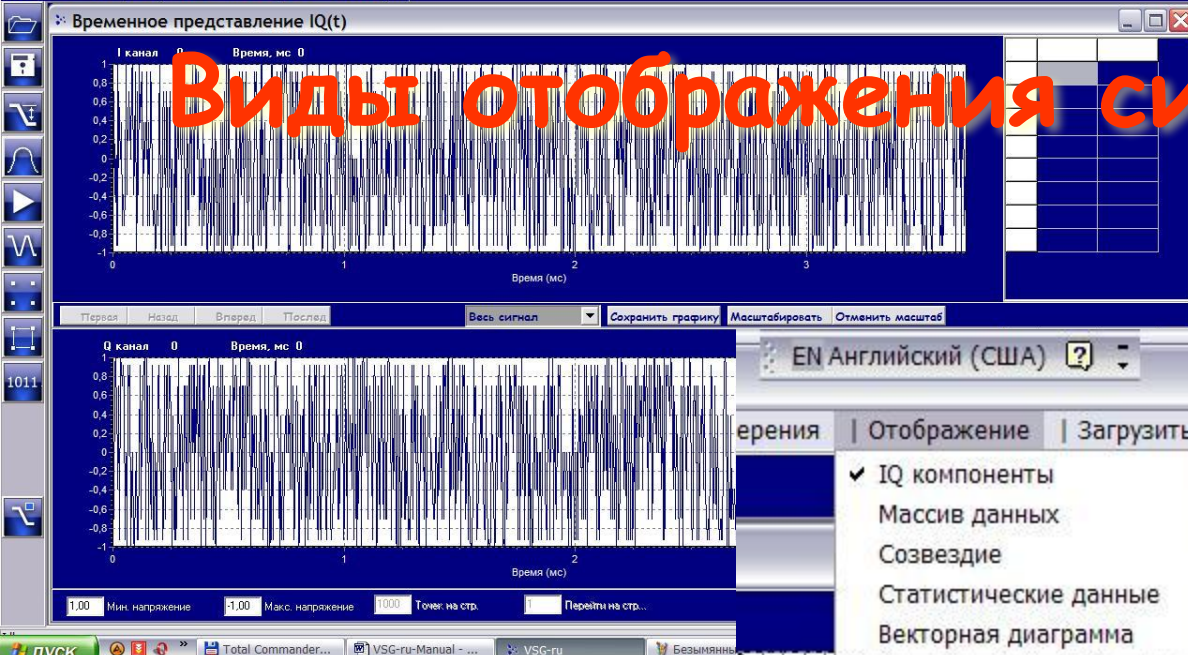
- Изучение методов отображения модулированных сигналов современных систем связи
- Изучение процесса формирования и нарушений целостности сигнального созвездия QPSK сигнала
- Изучение методов формирования и свойств сигнала EDGE
- Изучение влияния качества квадратурного модулятора на сигнальное созвездие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



Изучение методов отображения модулированных сигналов современных систем связи

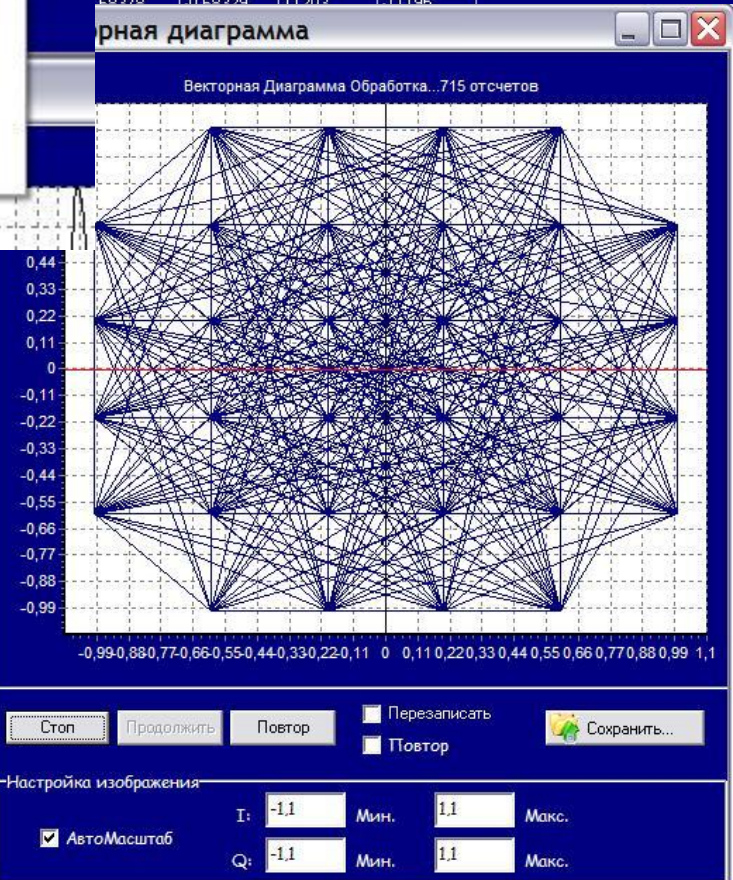
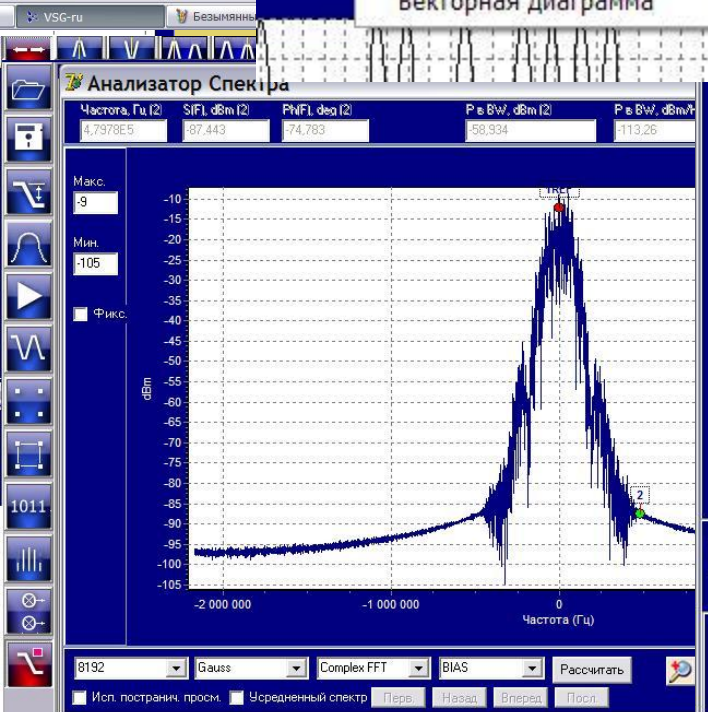
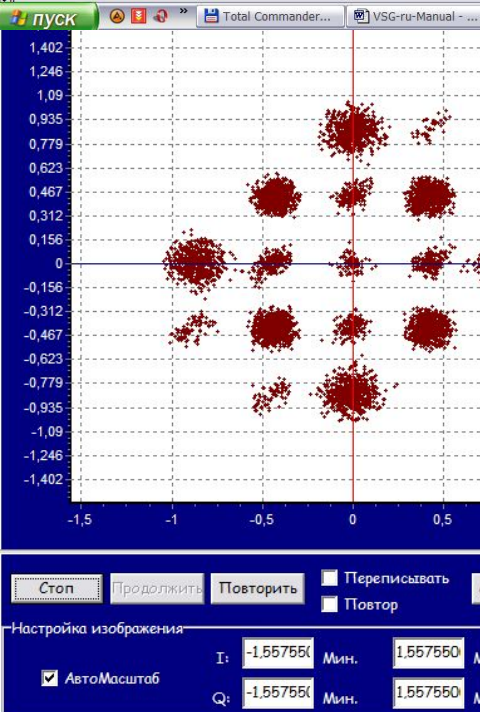


Для вычисления параметров сигнала используйте Меню/Измерения



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
68379	-0.68329	11202	-11195



Изучение методов формирования и свойств сигнала EDGE



Изучение методов формирования и свойств сигнала EDGE

Аппаратно-программный комплекс (АПК) "Вектор"

ППП векторного
синтеза
"Вектор-VSG"

Файл
данных

ППП векторного
анализа
"Вектор-VSA"

Демодуляция

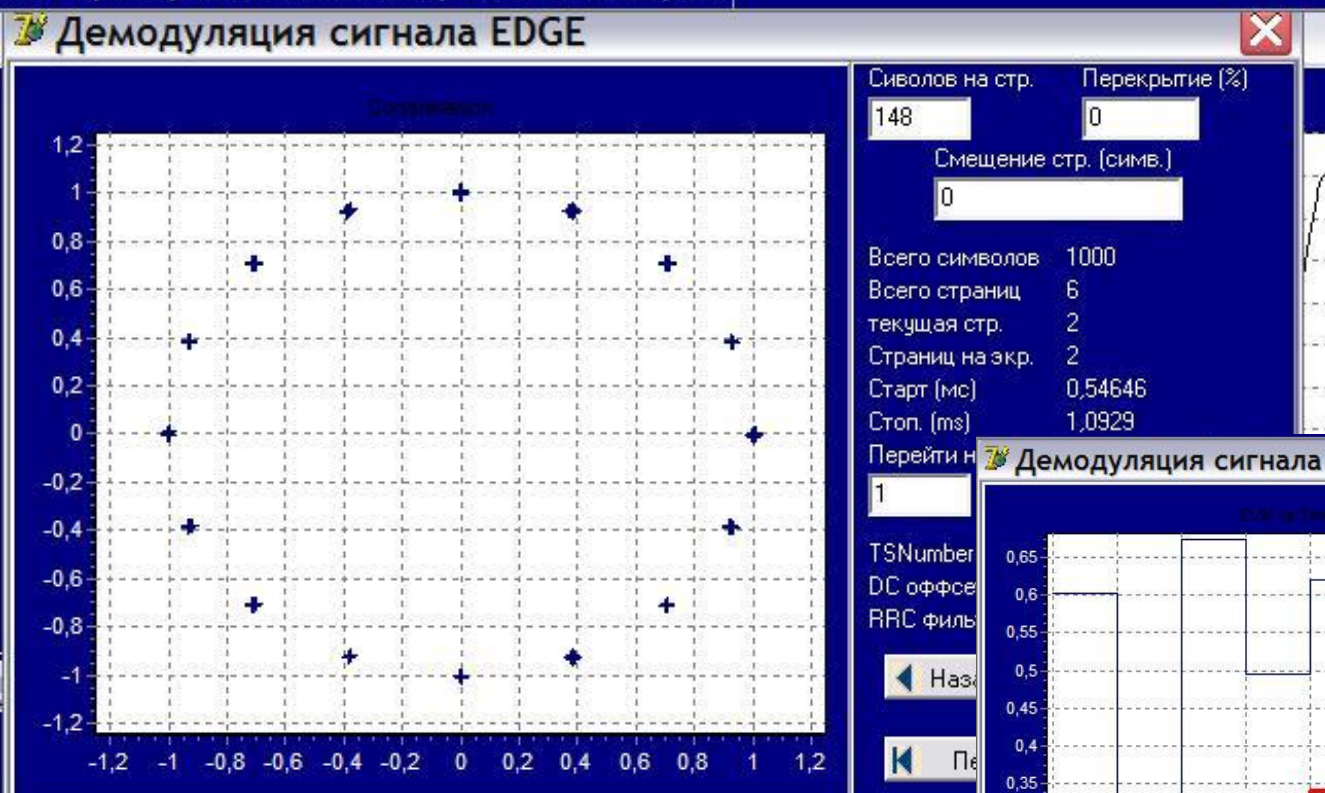
Данные

Параметры
сигнала



Стр. 1 из 10 | Демодулятор | Файл | Измерения | Просмотр | Окна | Инструменты

Параметры сигнала используйте Меню/Измерения



в (EDGE)

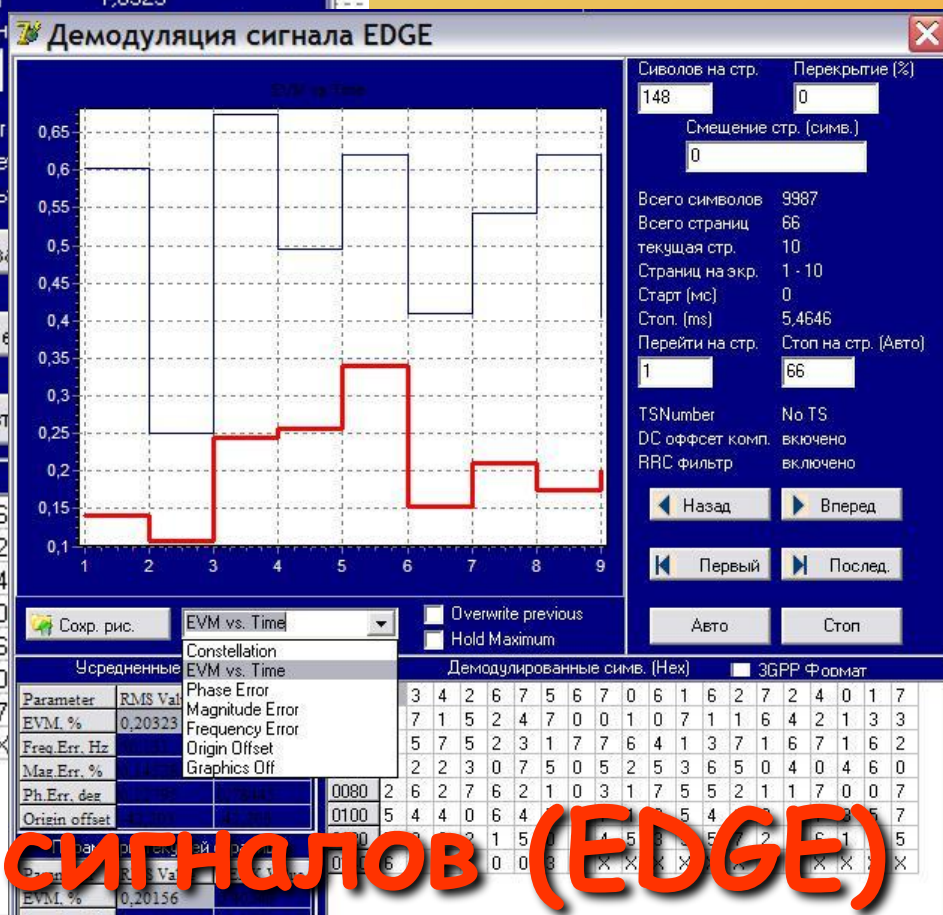
Сохранить рисунок: Constellation

☒ Overwrite previous
☐ Hold Maximum

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

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

Демодулированные симв. (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



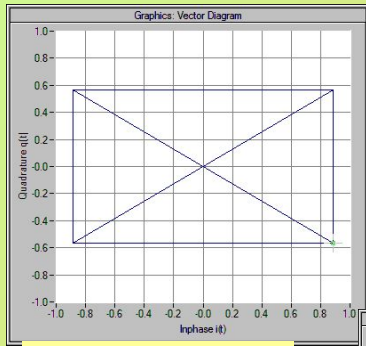
Демодуляция сигналов (EDGE)

Изучение влияния качества квадратурного модулятора на сигнальное созвездие QPSK сигнала

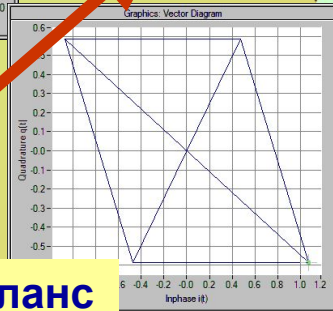


Влияние различных факторов на целостность сигнального созвездия в тракте передачи

Сигнал
QPSK

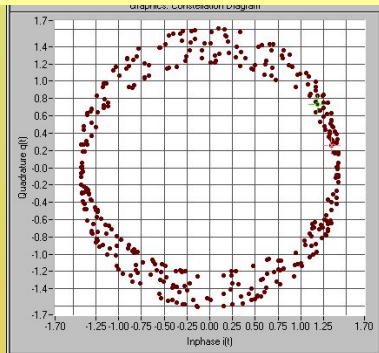


Разбаланс
амплитуд

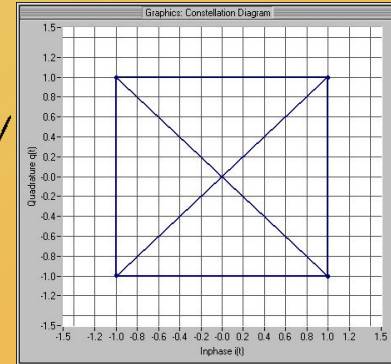
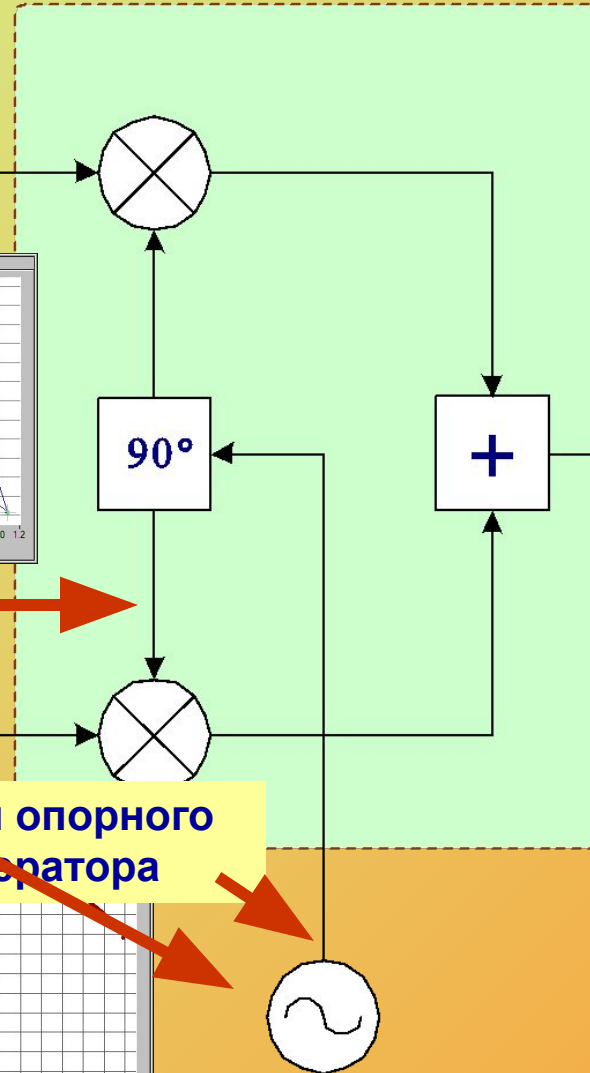
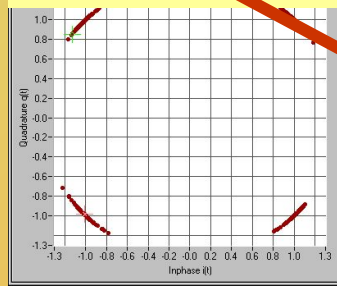


Разбаланс
фаз

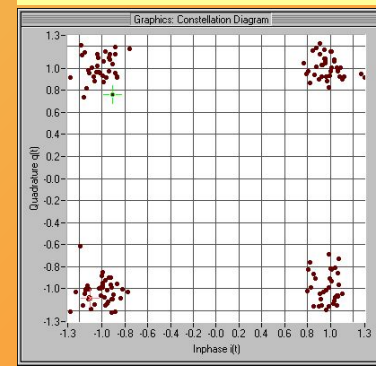
Побочные опорного
генератора



Шумы опорного
генератора



Шумы тракта
передачи



Изучение влияния качества квадратурного модулятора на сигнальное созвездие QPSK сигнала

