

ШИРОКОПОЛОСНЫЙ ПРИЕМНИК ДИАПАЗОНА 18 – 26 ГГЦ С МАЛЫМИ ФАЗОВЫМИ ШУМАМИ ГЕТЕРОДИНА

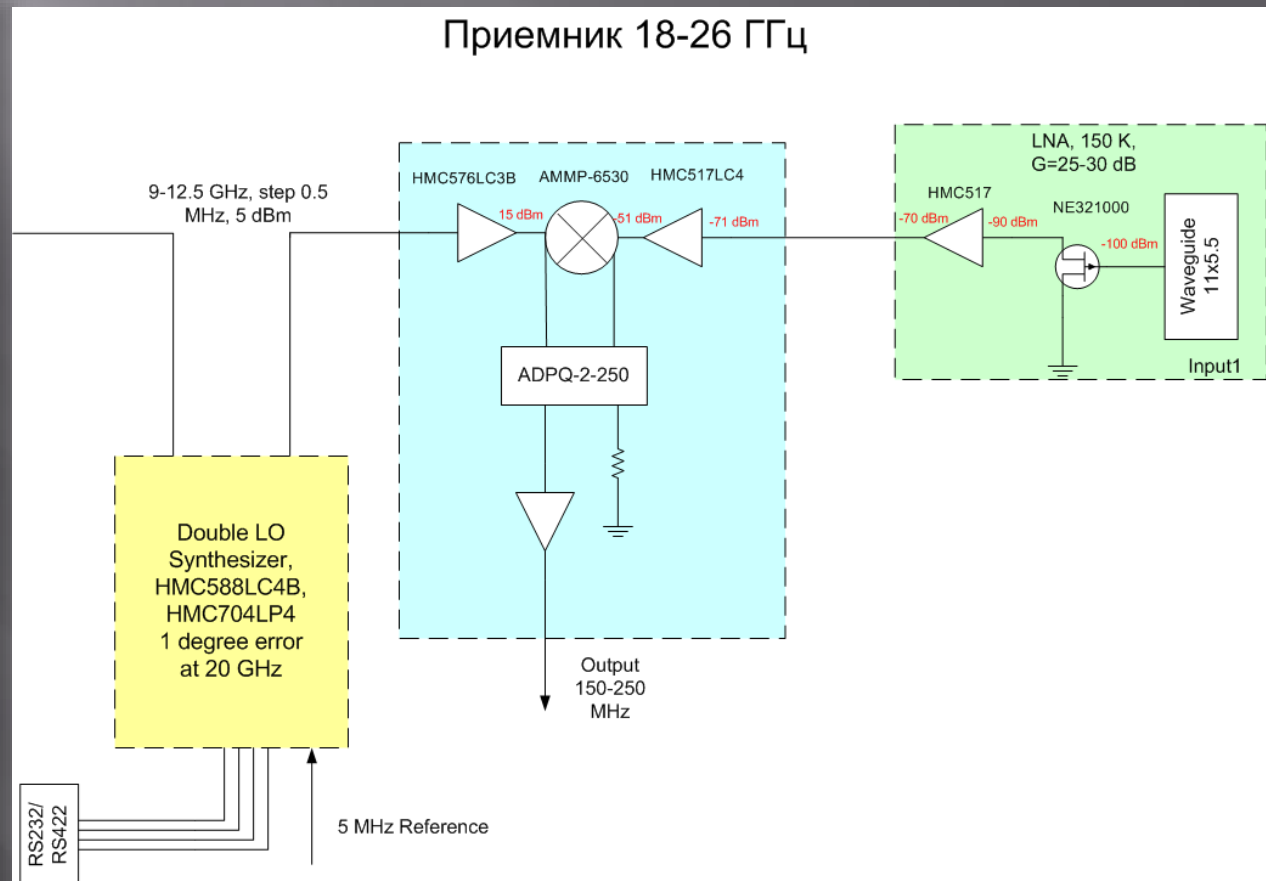
*Косов А.С., Скулачев Д.П., Корогод В.В.,
Немлихер Ю.А.*

Цель работы и особенности приемника

- Работа выполнялась в обеспечение наземного сегмента проекта «Радиоастрон» для создание радиоинтерферометра со сверхбольшой базой (VLBI) в диапазоне 18-26 ГГц. В докладе рассматривается приемник с синтезированным гетеродином, обладающий следующими особенностями:
- Приемник имеет два независимых канала с фазовым подавлением сигнала зеркальной частоты;
- Каждый канал приемник состоит из волноводного МШУ, преобразователя частоты и перестраиваемого гетеродина;
- Гетеродин работает в диапазоне 9-12,5 ГГц, синхронизируется схемой ФАПЧ. Опорная частота – 5 МГц, шаг перестройки 1 МГц. Удвоителя частоты преобразует сигнал гетеродина в диапазон 18-25 ГГц;
- Гетеродин обладает низким уровнем фазовых шумов. $\text{RMS } \Delta\varphi \sim 1 \text{ degree}$. (Интеграл от фазовых шумов);
- Управляется от компьютера по интерфейсу RS-232 или RS-422.

Структурная схема приемника

- Приемник состоит из 2-х каналов;
- МШУ $F_n < 2.2$ dB, $G = 25-30$ dB;
- Преобразователь с фазовым подавлением зеркального канала;
- Гетеродин с удвоителем в диапазоне 18-25 ГГц с шагом перестройки 1 МГц;
- Дистанционное управление частотой гетеродина по RS232/422.



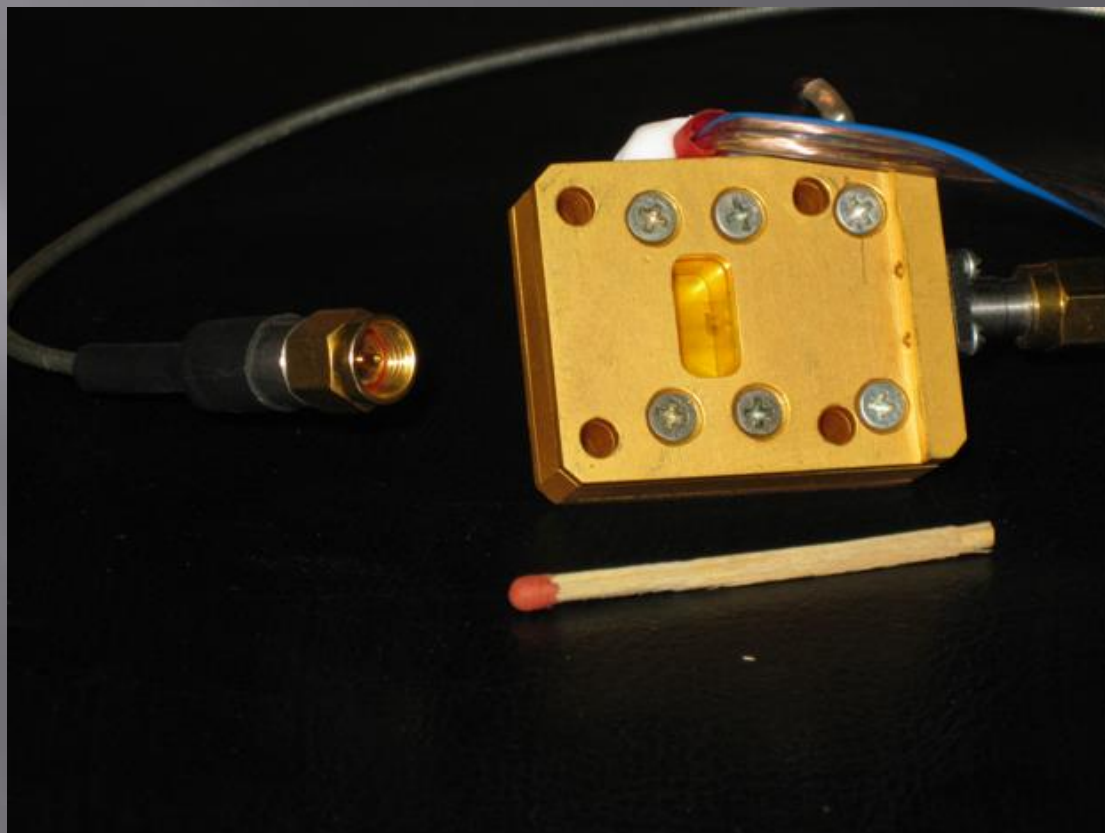
Двойной гетеродин и преобразователи



- Диапазон: 18-26 ГГц;
- $N_f < 2$ dB, $G = 25-30$ dB;
- Выполнен на HEMT NE321000 и HMC517:

Параметры NE321000

FREQ. (GHz)	NF MIN (dB)	GA (dB)
16	0.45	11.6
18	0.52	11.3
20	0.59	11.2
22	0.66	11.1
24	0.72	11.2
26	0.79	11.2

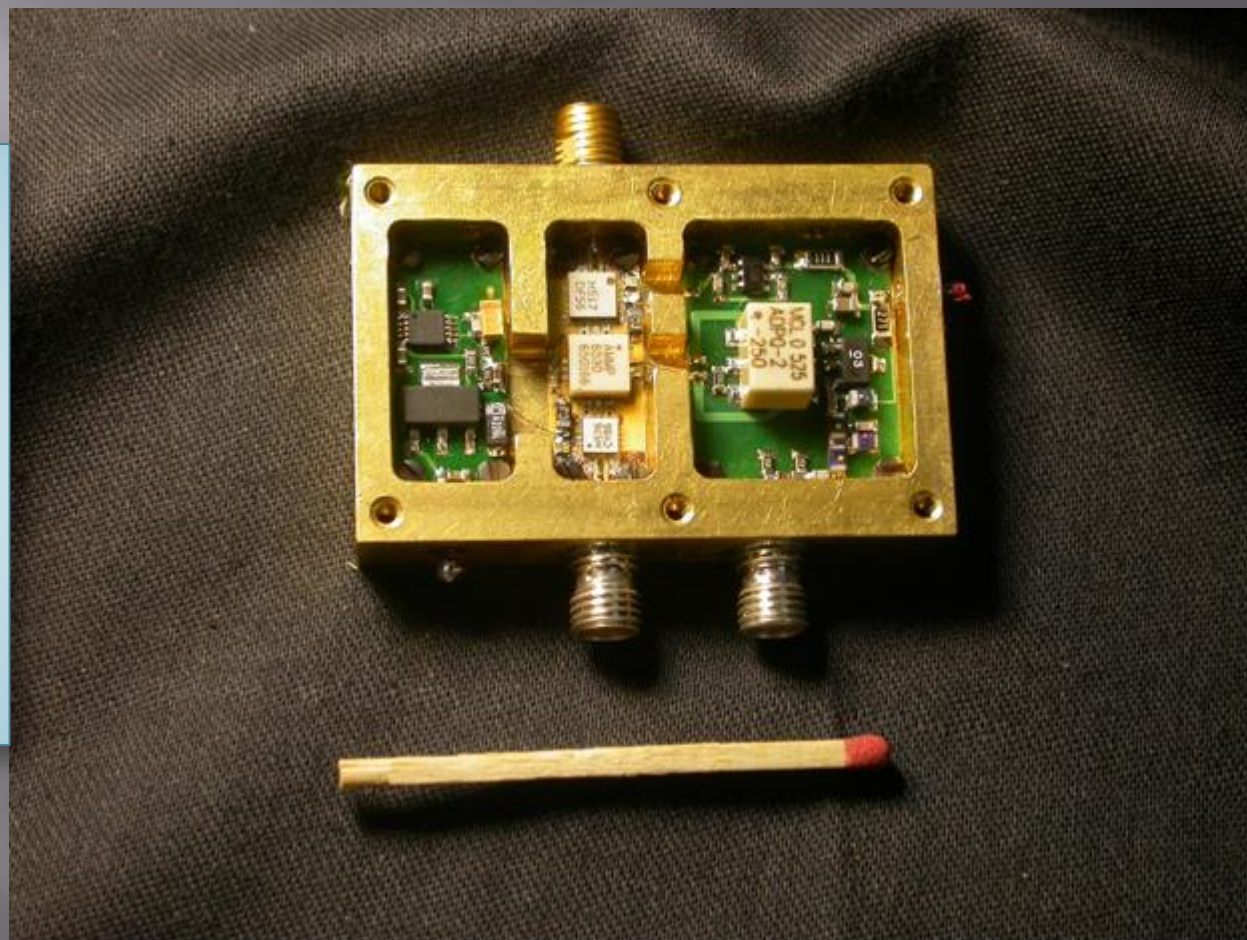


Параметры HMC517

FREQUENCY (GHz)	NF (dB)	GA (dB)
18-26	2.2-2.4	15-18

Преобразователь с фазовым подавлением зеркального канала

- Диапазон 18-26 ГГц;
- Входной усилитель, HMC517LC4;
- Удвоитель частоты гетеродина, HMC576LC3;
- I/Q смеситель, AMMP6530;
- 90 deg., мост ADPQ-2-250.



Двойной синтезатор сигналов гетеродина

- Диапазон перестройки: 9-12.5 ГГц;
- Частота сравнения на фазовом детекторе: 20 МГц;
- Шаг перестройки: 0.5 МГц;
- Выходная мощность: 2-3 мВт;
- Фазовые шумы относительно опорного сигнала:

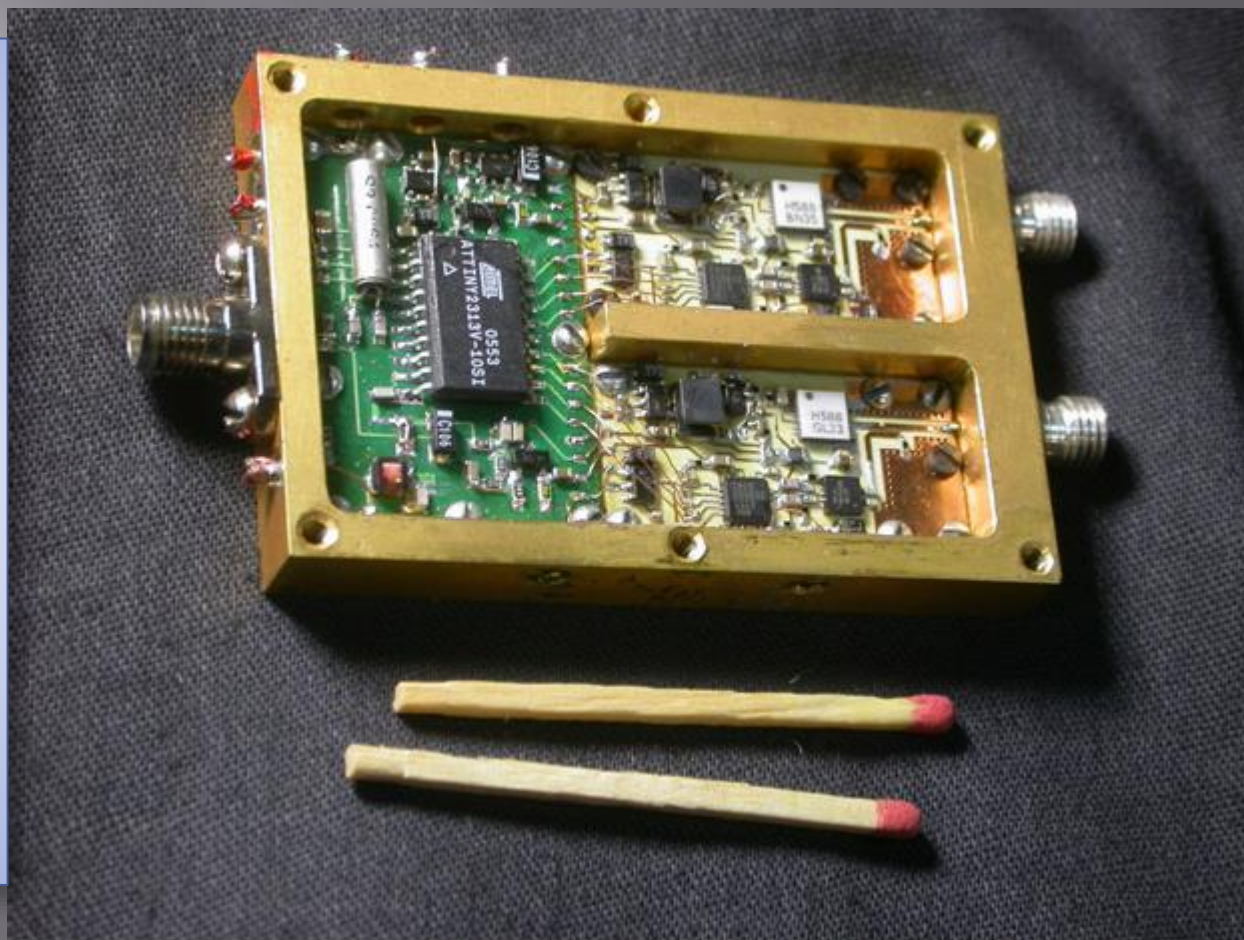
-83 dBc/Hz & 100 Hz

-93 dBc/Hz & 1 kHz

-97 dBc/Hz & 10 kHz

Интегральные флуктуации фазы относительно опорного сигнала < 1 deg. RMS.

- Управление частотой по интерфейсу RS232 или RS422.

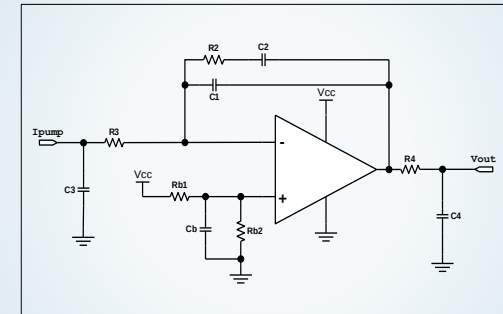
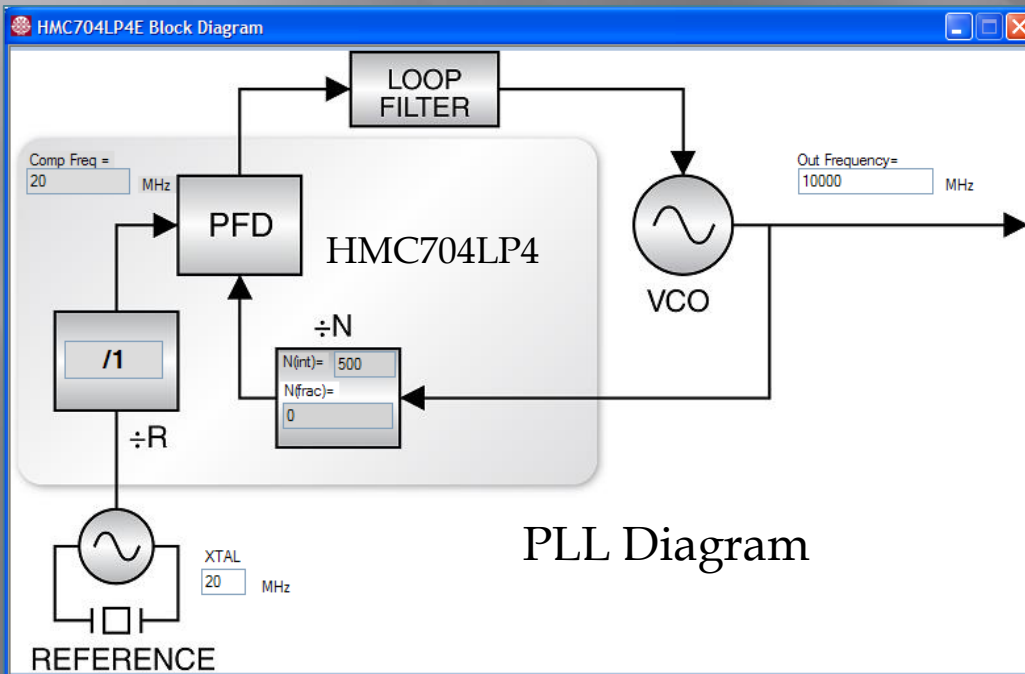


Петля ФАПЧ

Малозумящий синтезатор: HMC704LP4E;
Мера шума: -230 dBc/Hz (10 kHz), frac. mode;

$$\text{PLL}_{\text{fl}} \text{ at } 10 \text{ GHz} = F_{\text{FOM}} + 20\lg(\text{fvco}) - 10\lg(\text{fpd}) = -230 + 200 - 73 = -103 \text{ dBc/Hz}$$

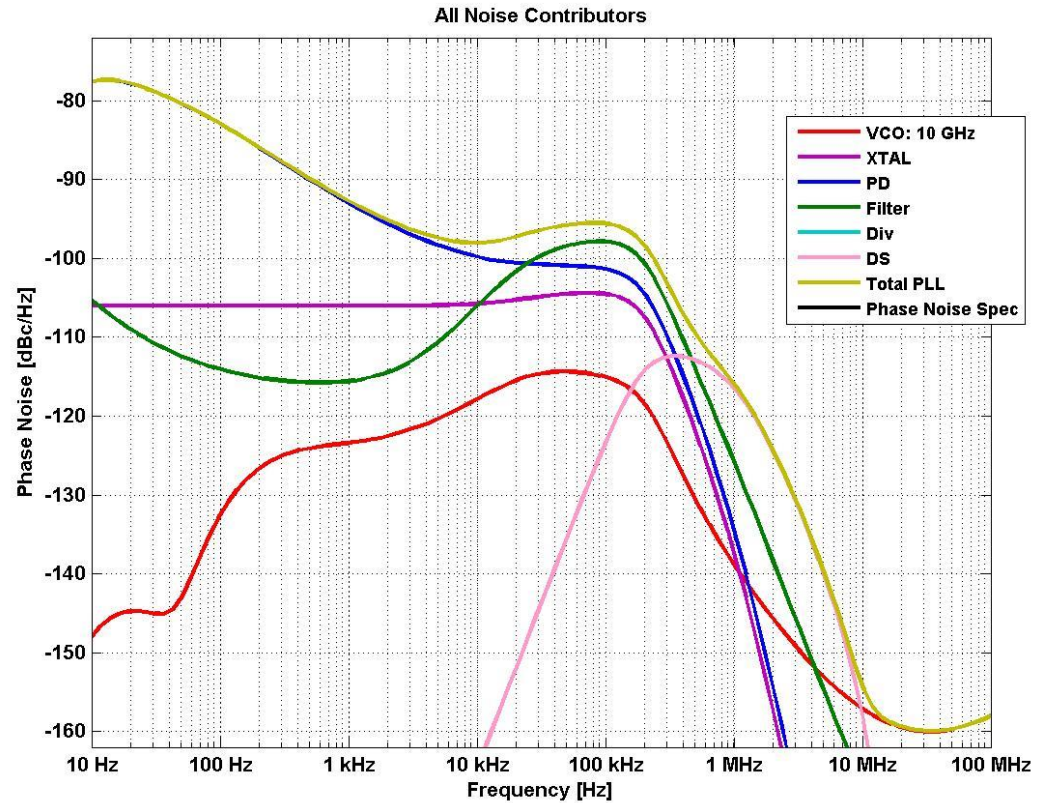
Loop Filter Type: active C
Loop Filter Order: 4
C1: 1 nF, C2: 22 nF, R2: 330 Ohms
C3: 560 pF, R3: 330 Ohms,
C4 : 4.7 nF, R4: 33 Ohms,
Rb1: 1 kOhms, Rb2: 1 kOhms,
Cb: 1 nF



Loop filter

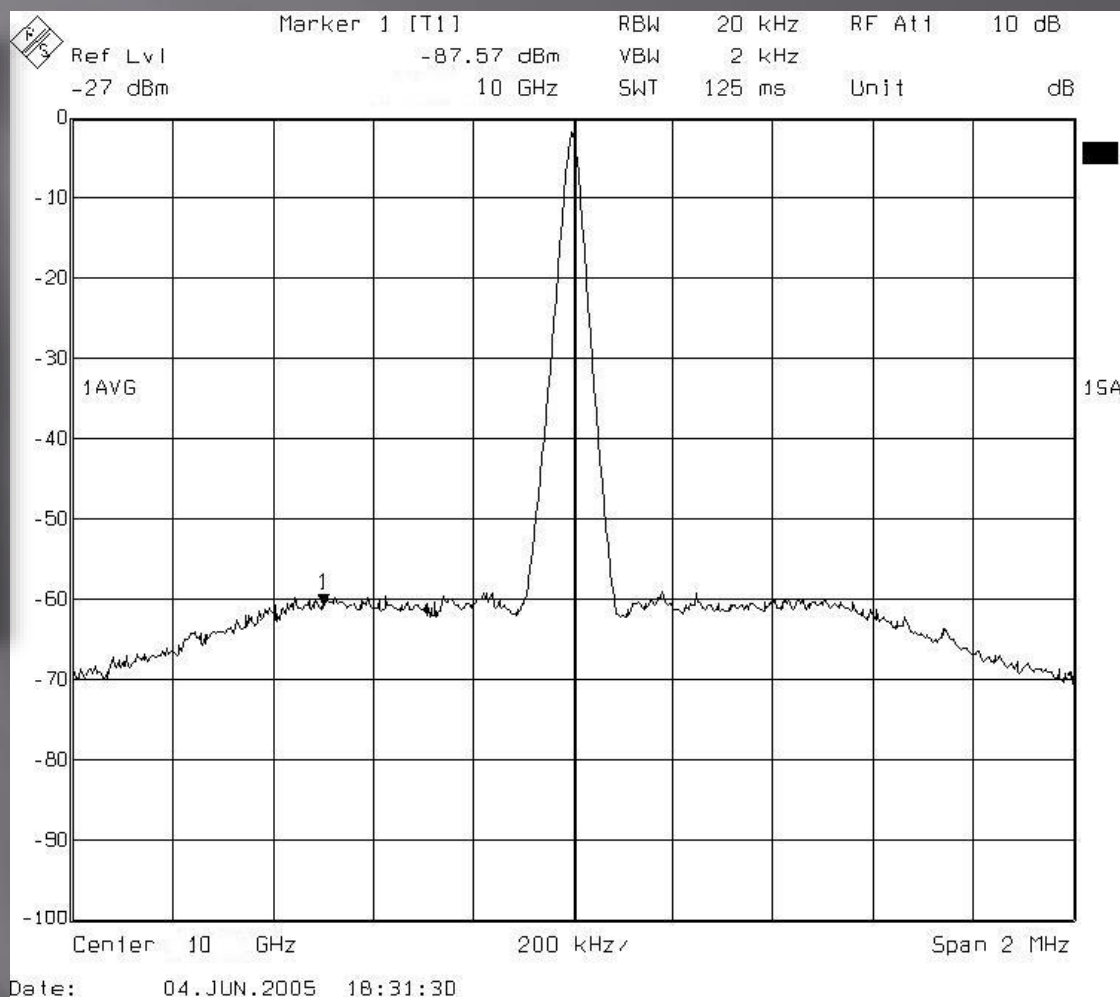
Фазовые шумы гетеродина

- Основные составляющие фазового шума – PD и filter;
- Интегральный фазовый шум гетеродина в полосе от 10 Гц до 10 МГц составляет -41.78 dBc или 0,5 deg RMS



Измерение фазовых шумов гетеродина

- Измерение проводилось на частоте гетеродина 10 ГГц.
- Измеренная величина шума гетеродина составила -97 дБс/Гц при отстройке от несущей на 100 кГц.
- Расчетная величина фазового шума равняется -95 дБс/Гц.



Заключение

- Был разработан и исследован широкополосный приемник с фазовым подавлением зеркального канала в диапазоне частот 18-26 ГГц, предназначенный для работы в наземном пункте приема по проекту «Радиоастрон». Для синхронизации от стандарта частоты были применены малошумящие интегральные схемы синтезаторов частоты с дробным делением типа HMC704LP4. Фазовая ошибка (интеграл от фазовых шумов) определялась шумами кристалла синтезатора и не превышала 1 градуса.
- Коэффициент шума приемника не превышает 2 дБ.
- Гетеродин может перестраиваться по частоте с шагом 1 МГц. Управление частотой осуществляется по интерфейсу RS232 или RS422.