



ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ УМЕНЬШЕНИЯ ВРЕМЕНИ ЗОНДИРОВАНИЯ ИОНОСФЕРЫ МНОГОКАНАЛЬНЫМ ЛЧМ ИОНОЗОНДОМ

Докладчик:

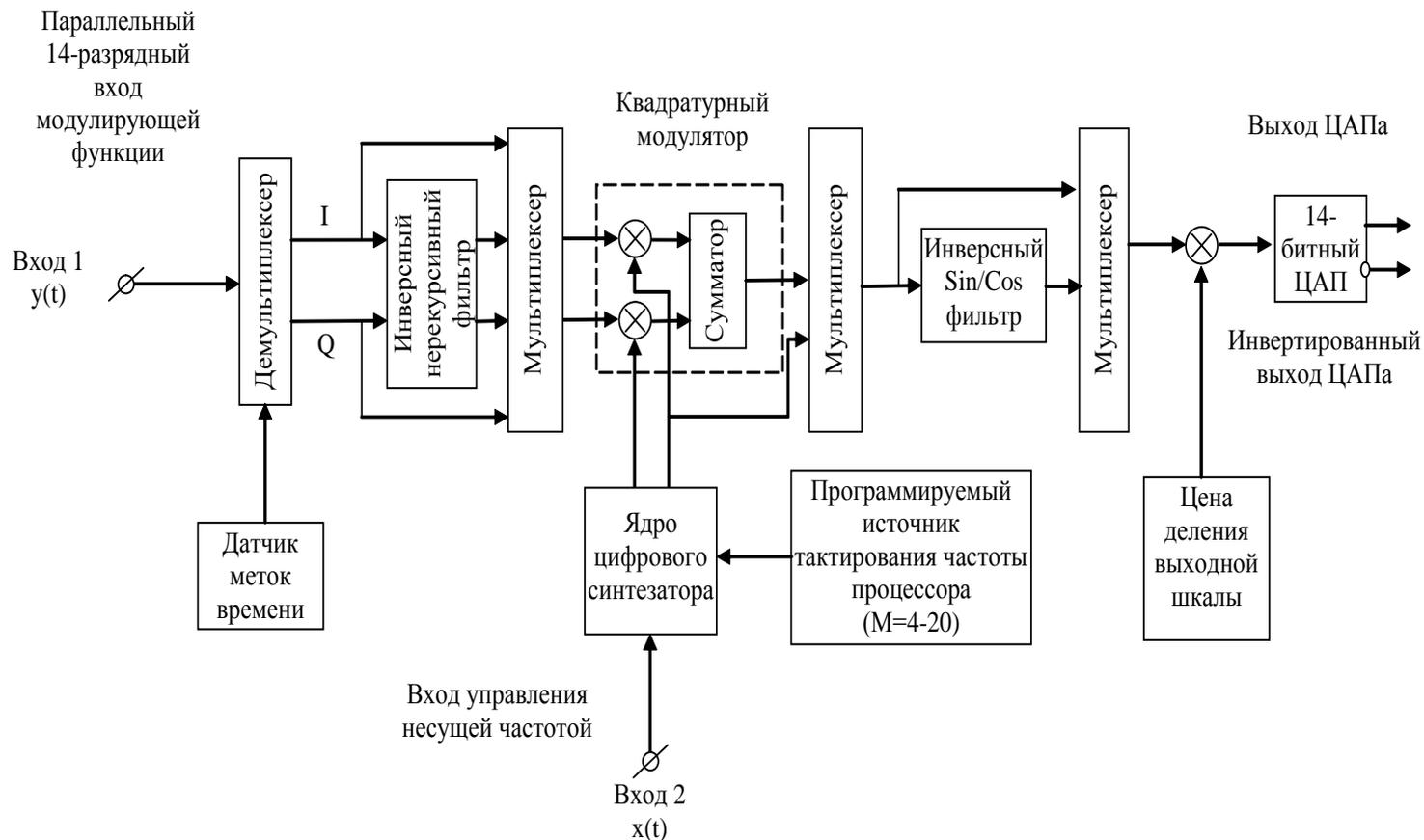
Зубков Михаил Павлович

Задачи

- ▶ Разработка методики формирования составного ЛЧМ сигнала.
- ▶ Оценка возможности реализации данного алгоритма при работе с существующим ЛЧМ ионозондом.
- ▶ Исследования шумов квантования, возникающих при работе с составным ЛЧМ сигналом.



Фрагмент функциональной схемы квадратурного цифрового преобразователя частоты AD9857



«Классический» ЛЧМ сигнал

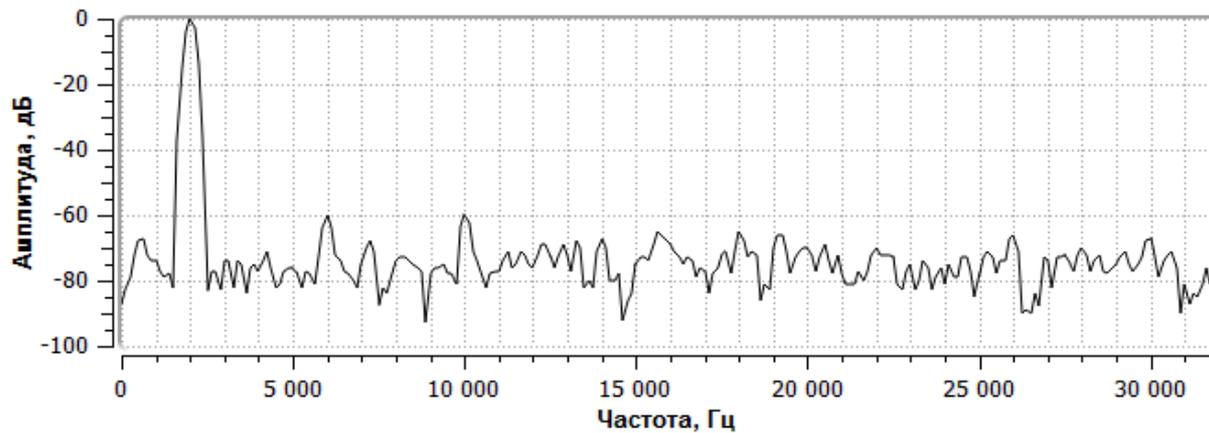
$$x(t) = e^{j2\pi\left(f_0t + \frac{\nu}{2}t^2\right)}$$

где f_0 - начальная частота ЛЧМ сигнала,

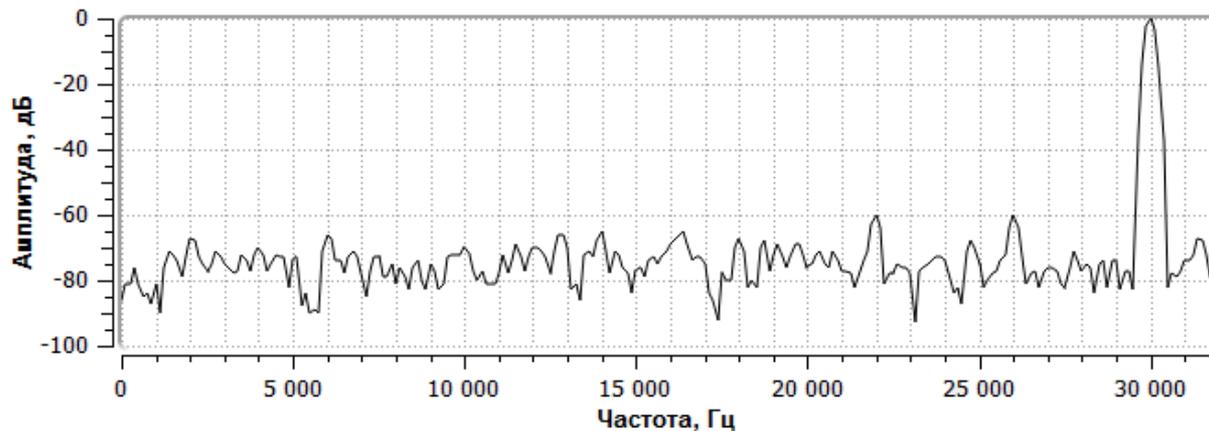
ν - скорость девиации частоты ЛЧМ сигнала.



Спектр ЛЧМ-сигнала



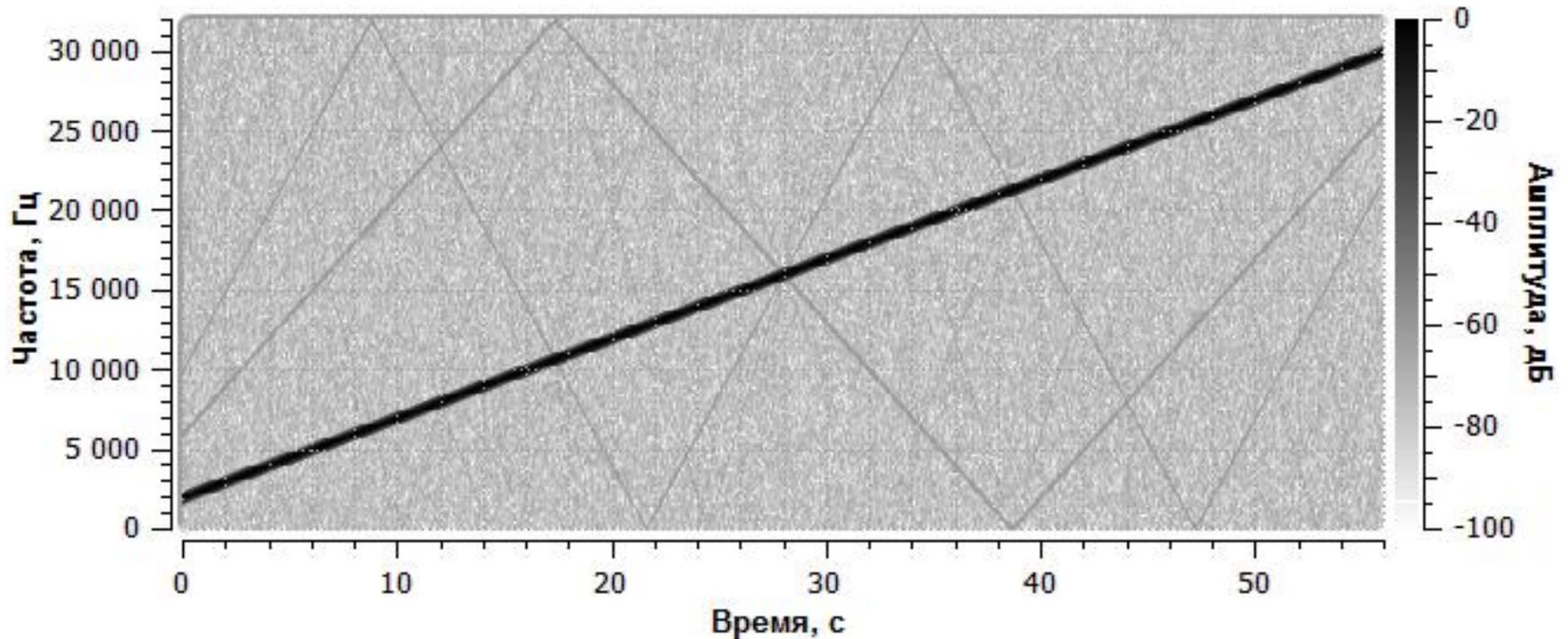
В начале диапазона $f=2000$



В конце диапазона $f=30000$



Спектрально-временная характеристика ЛЧМ-сигнала



Составной ЛЧМ сигнал

$$z(t) = \sum_{i=1}^N x_i(t) = \sum_{i=1}^N e^{j2\pi\left(f_i t + \frac{v}{2}t^2\right)}$$

где N – количество поддиапазонов составного ЛЧМ сигнала, f_i – начальная частота каждого поддиапазона.

Пусть $f_i = f_0 + \Delta f_i$, где f_0 - начальная частота опорного «классического» квазинепрерывного ЛЧМ сигнала, тогда

$$\begin{aligned} z(t) &= \sum_{i=1}^N x_i(t) = \sum_{i=1}^N e^{j2\pi\left((f_0 + \Delta f_i)t + \frac{v}{2}t^2\right)} = \\ &= \sum_{i=1}^N \left(e^{j2\pi\left(f_0 t + \frac{v}{2}t^2\right)} \cdot e^{j2\pi\left(\Delta f_i t + \frac{v}{2}t^2\right)} \right) = e^{j2\pi\left(f_0 t + \frac{v}{2}t^2\right)} \cdot \sum_{i=1}^N e^{j2\pi\left(\Delta f_i t + \frac{v}{2}t^2\right)} \end{aligned}$$



Составной ЛЧМ сигнал

$$z(t) = x(t) \cdot y(t)$$

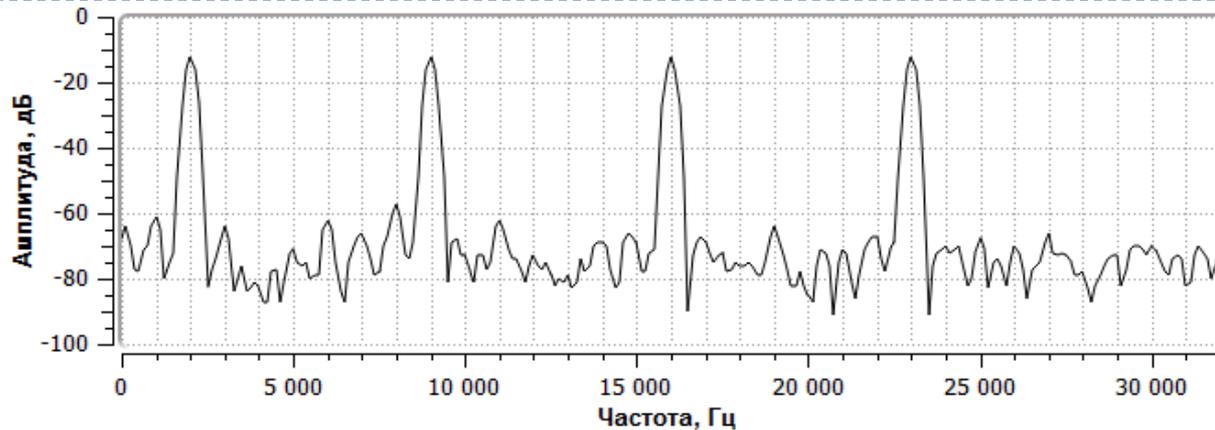
где $x(t)$ – сигнал на входе управления несущей частотой,
 $y(t)$ – сигнал на модулирующем входе.

Таким образом, сигнал на модулирующем входе равен

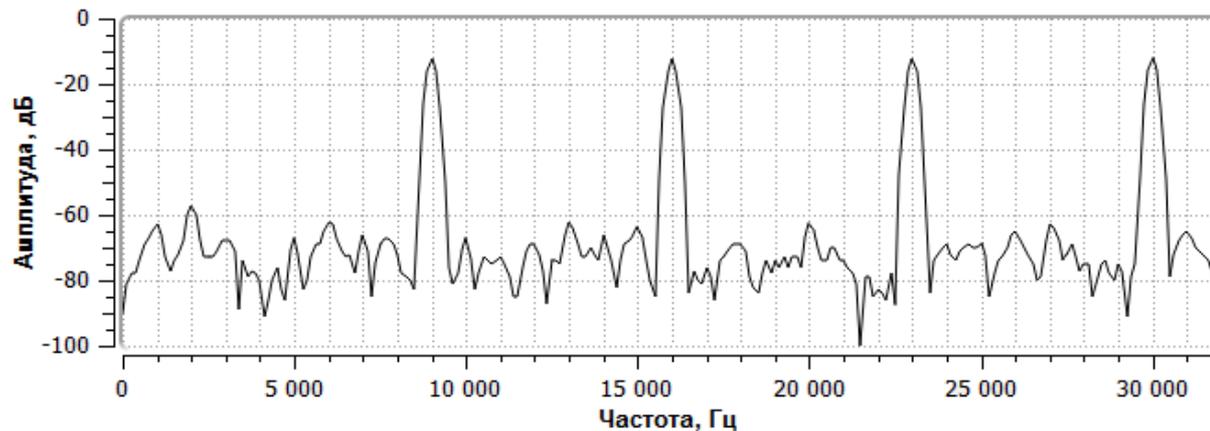
$$y(t) = \sum_{i=1}^N e^{j2\pi\left(\Delta f_i t + \frac{\nu}{2} t^2\right)}$$



Спектр составного четырех частотного ЛЧМ-сигнала



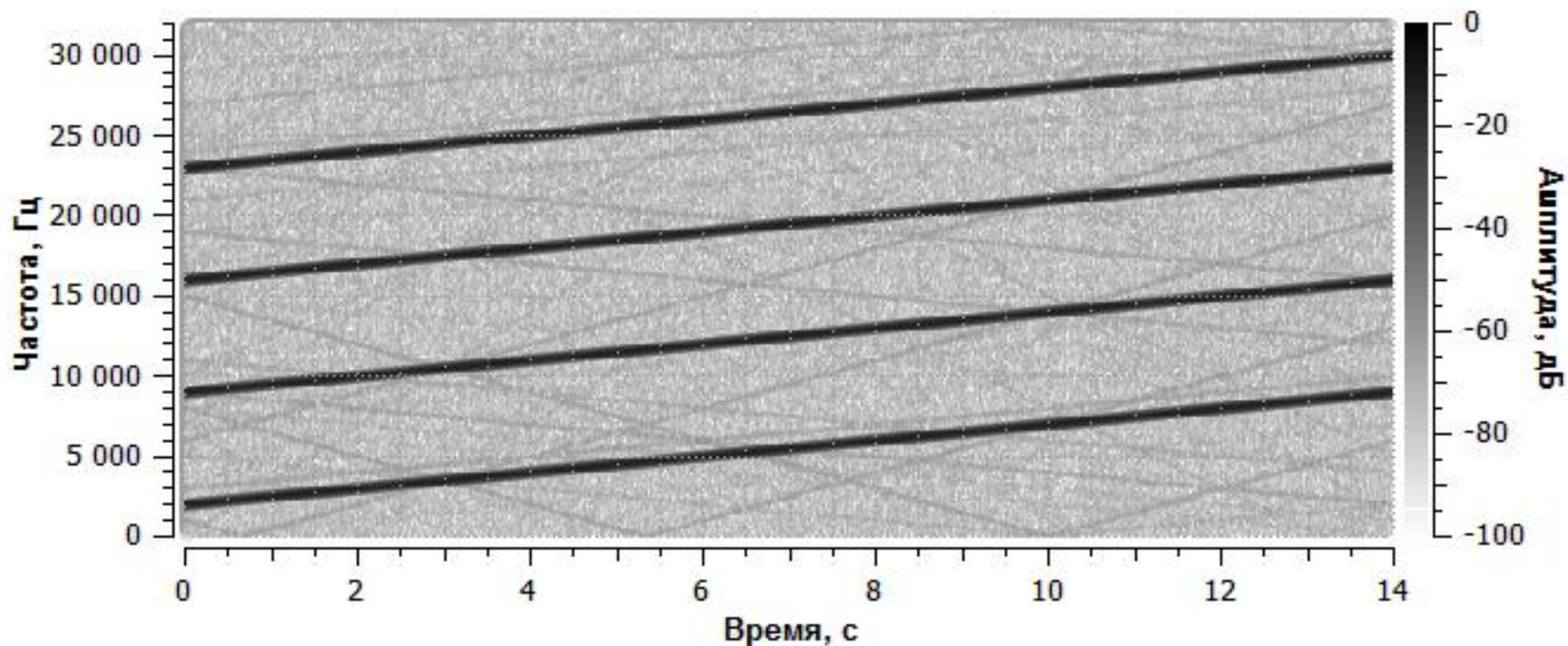
в начале диапазона $f_1 = 2000$ Гц, $f_2 = 9000$ Гц, $f_3 = 16000$ Гц, $f_4 = 23000$ Гц



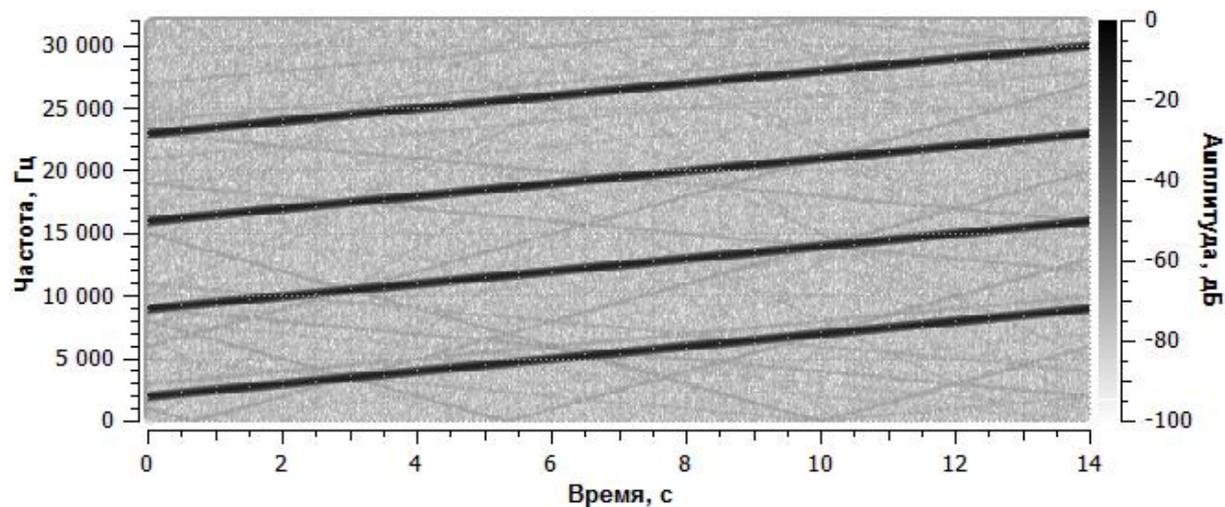
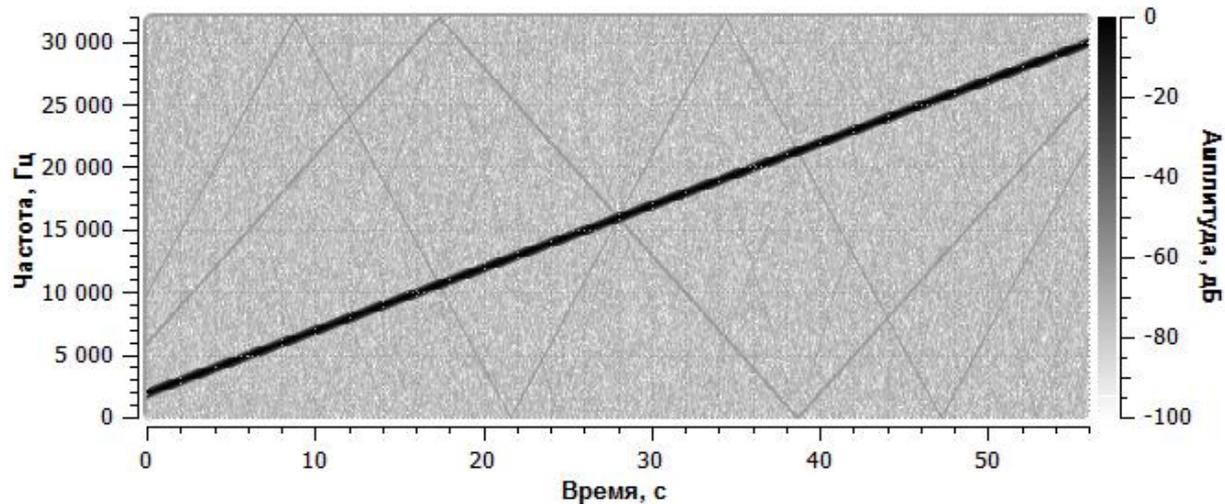
в конце диапазона $f_1 = 9000$ Гц, $f_2 = 16000$ Гц, $f_3 = 23000$ Гц, $f_4 = 30000$ Гц



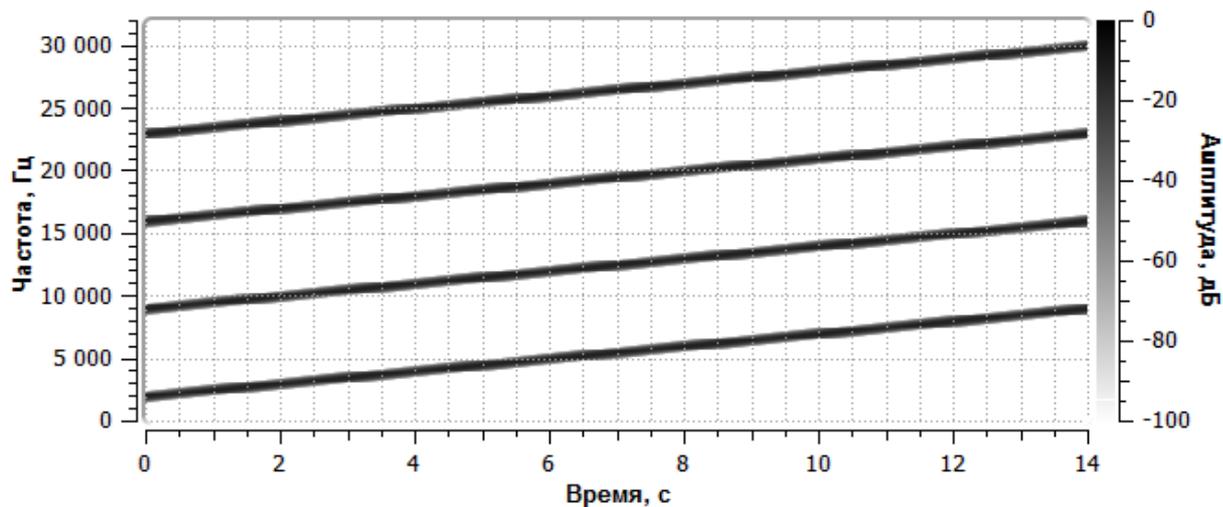
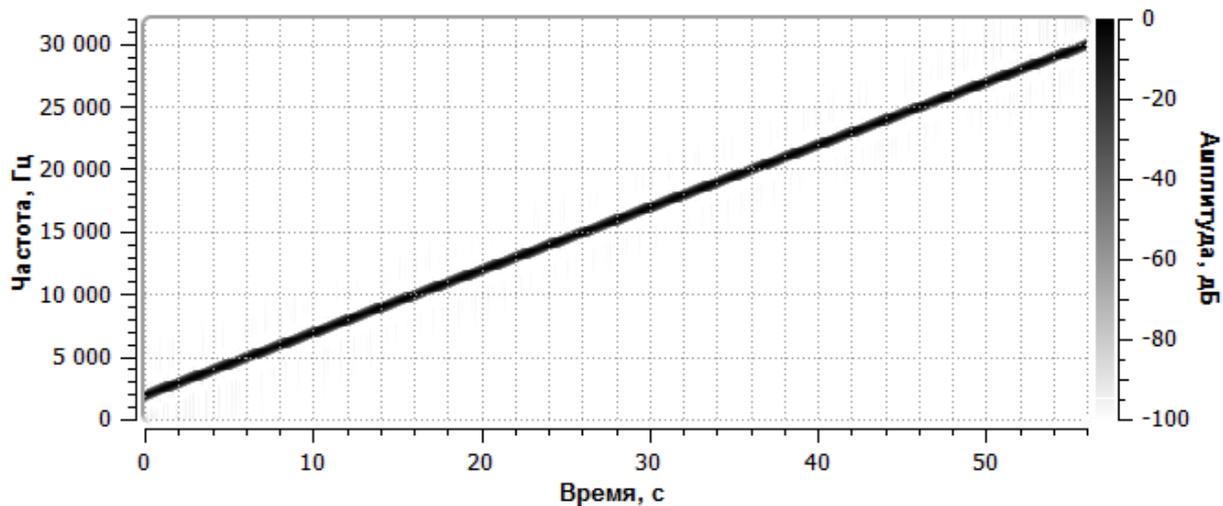
Спектрально-временная характеристика составного ЛЧМ сигнала



Спектрально-временные характеристики «классического» и составного ЛЧМ сигналов



Спектрально-временные характеристики «классического» и составного ЛЧМ сигналов



Выводы

- ▶ Для четырехканального приемо-передающего ЛЧМ ионозонда существует реальная возможность снизить в четыре раза общее время зондирования ионосферы, за счет разбиения общего частотного диапазона зондирования на несколько поддиапазонов с их последующим одновременным зондированием с помощью составного ЛЧМ сигнала
 - ▶ Формирование составного четырехчастотного ЛЧМ сигнала с помощью конвертера частоты AD9857 с 14-ти разрядным выходным ЦАП, согласно результатам моделирования, позволяет получить сигнал возбуждения передатчика с паразитными составляющими на уровне не хуже минус 55 дБ.
-



Спасибо за внимание!