

# Современное состояние прецизионной кварцевой стабилизации частоты применительно к задачам частотно-временного обеспечения

д.т.н. Вороховский Я.Л., Никонов А.Г.,  
Котюков А.В., к.ф.-м.н. Камочкин А.С.

АО «Морион», Санкт-Петербург,  
пр. КИМа 13а



# Основные характеристики

---

К основным характеристикам относятся:

- долговременная нестабильность частоты (ДНЧ);
- температурная нестабильность частоты (ТНЧ);
- кратковременная нестабильность частоты (КНЧ);
- относительная спектральная плотность мощности фазовых шумов (ФШ).

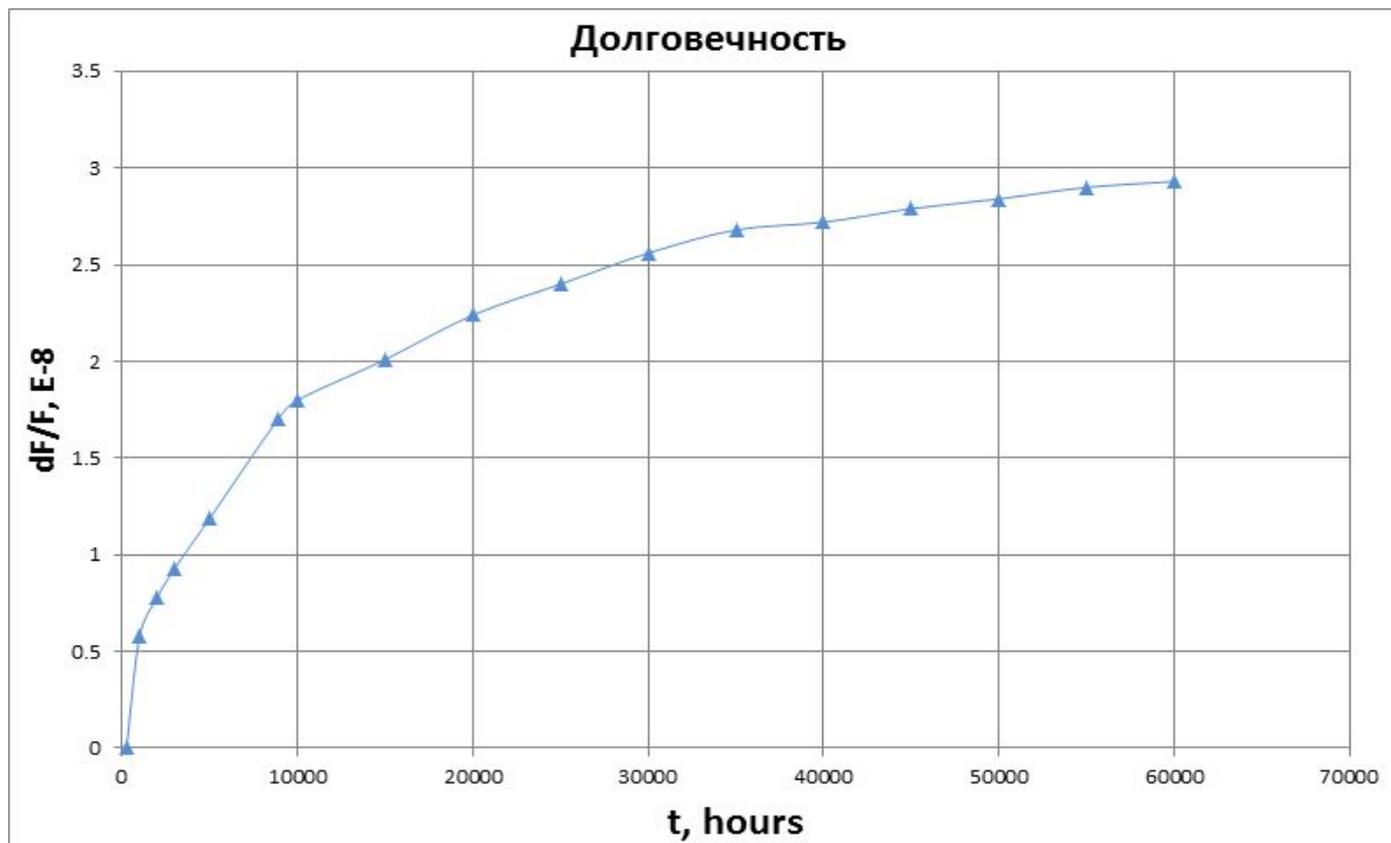


# Долговременная нестабильность частоты

- Holdover mode 5G 1...1,5 мкс /24 ч;
- Требование к ДНЧ 5G 2...5e-11 /24 ч;
- Верхняя рабочая температура 85°C и 90°C.



# Долговременная нестабильность частоты



# Резонаторы

Высокие показатели по ДНЧ обеспечены за счет:

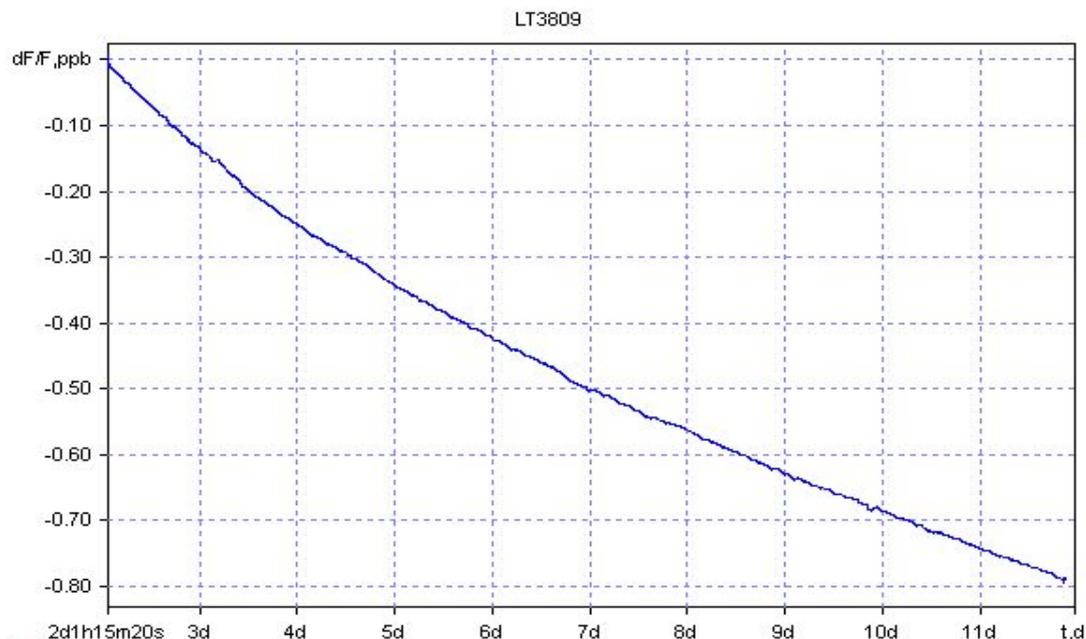
- производство в «чистых помещениях»;
- малое газовыделение материалов конструкции;
- вакуумный отжиг;
- герметизация в вакууме методом «холодной сварки»;
- интенсивное искусственное старение.



# Долговременная нестабильность частоты

Требования к кварцевому генератору:

- отсутствие «скачков» частоты (их минимизация);
- прогнозируемость.



# Оценка долговременной нестабильности частоты

Для создания надёжных многопозиционных измерительных систем требуется:

- минимизировать взаимные наводки трактов;
- стабилизация температуры в помещении;
- и ряд других мер.



# Оценка долговременной неустойчивости частоты



Помещение и стойки контроля  
ДНЧ



**Morion, Inc.**  
Saint-Petersburg, Russia  
[www.morion.com.ru](http://www.morion.com.ru)

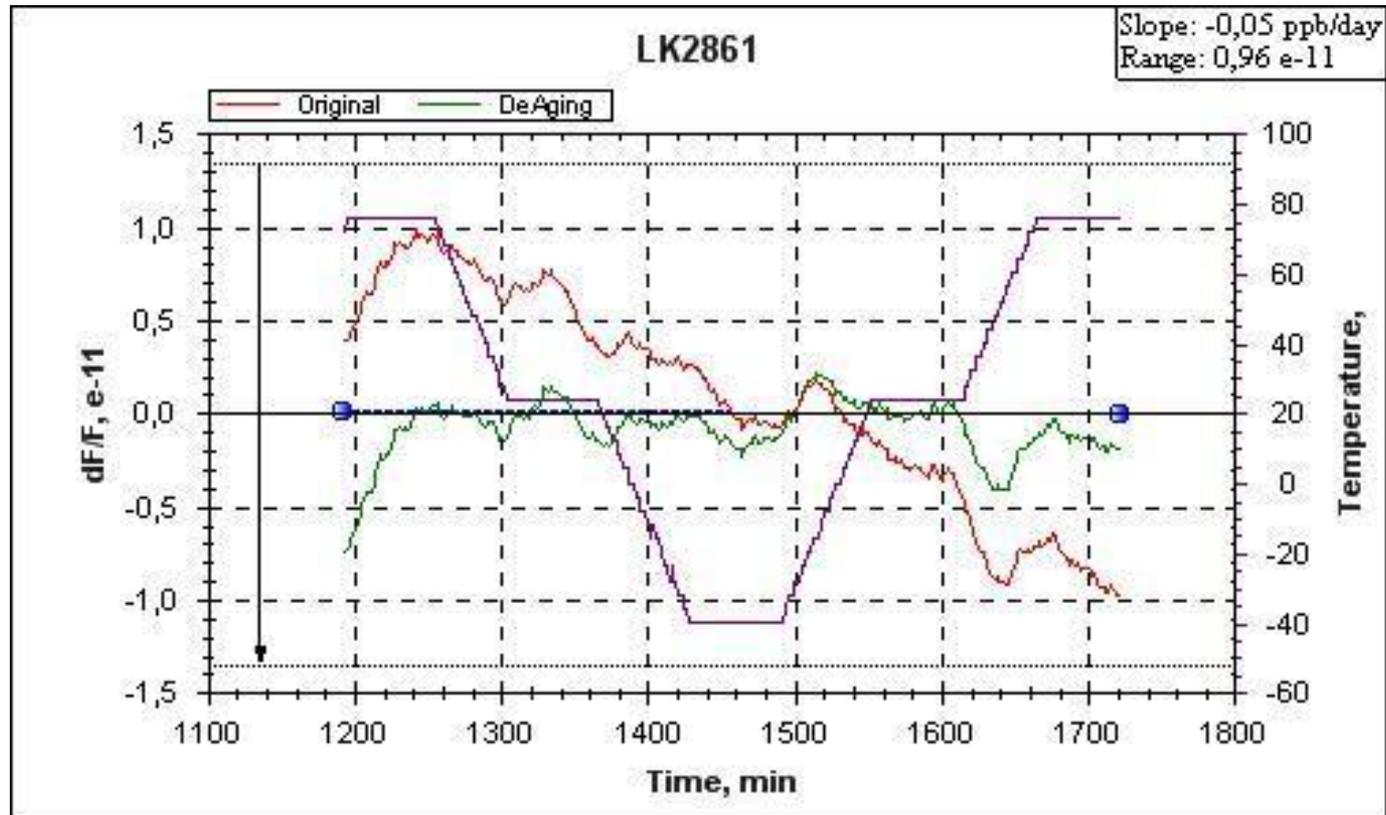
# Температурная нестабильность частоты

- Резонатор уже почти не влияет.
- Влияние остальных элементов схемы.
- Тепловое моделирование.
- Конструктивная и схемотехническая оптимизация.



# Температурная нестабильность частоты

## Двойное термостатирование



- изменение частоты при изменении температуры внешней среды;
- изменение температуры внешней среды;
- изменение частоты за вычетом её временного дрейфа при изменении температуры внешней среды



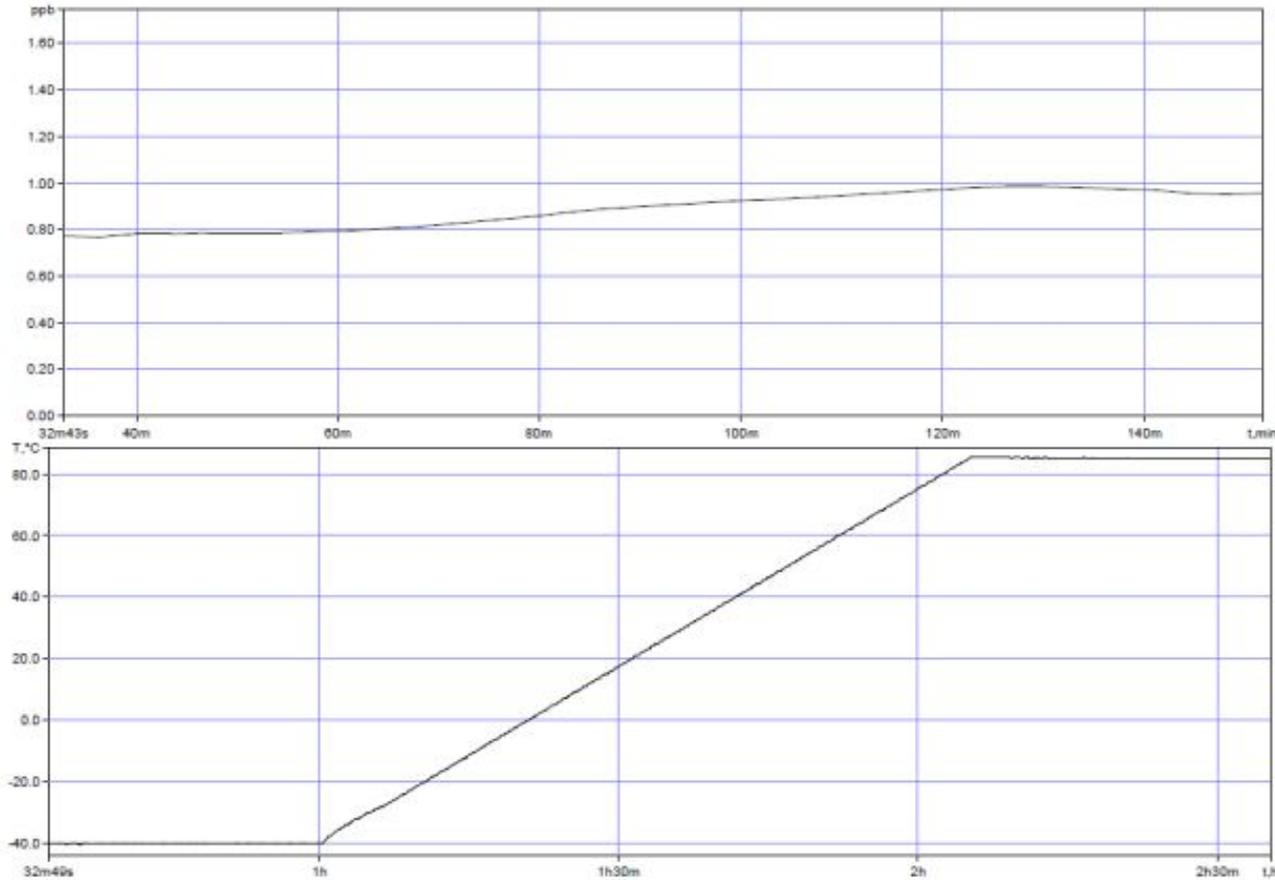
**Morion, Inc.**

Saint-Petersburg, Russia

[www.morion.com.ru](http://www.morion.com.ru)

# Температурная нестабильность частоты

## Одианрное термостатирование



# Сравнительные характеристики генераторов нового и прежнего поколений

Параметр	ГК180 ДТСКГ (прежнее поколение)	ГК360 ДТСКГ (новое поколение)	ГК200 ТСКГ (новое поколение)
Размеры, мм	51*51*19	51*51*19	51*51* 12.7
Объём, см <sup>3</sup>	49.5	49.5	33
Вес, г	80	80	60
Потребляемая мощность при -20°C, Вт	9	9	5.5
Напряжение питания В	12	12 или 5	12 или 5
ТНЧ -20...+70 °С, ±10 <sup>-9</sup>	±0.1...0.4	±0.01...0.03	±0.1...0.3
ТНЧ -40...+85 °С, ±10 <sup>-9</sup>	-	-	±0.2...0.5
Нестабильность частоты от изменения напряжения питания ±5%, 10 <sup>-10</sup>	<1.5	<0.1	<2



**Morion, Inc.**

Saint-Petersburg, Russia

[www.morion.com.ru](http://www.morion.com.ru)

# Фазовые шумы и кратковременная нестабильность частоты

Влияющие факторы:

- Резонатор
- Схемотехника

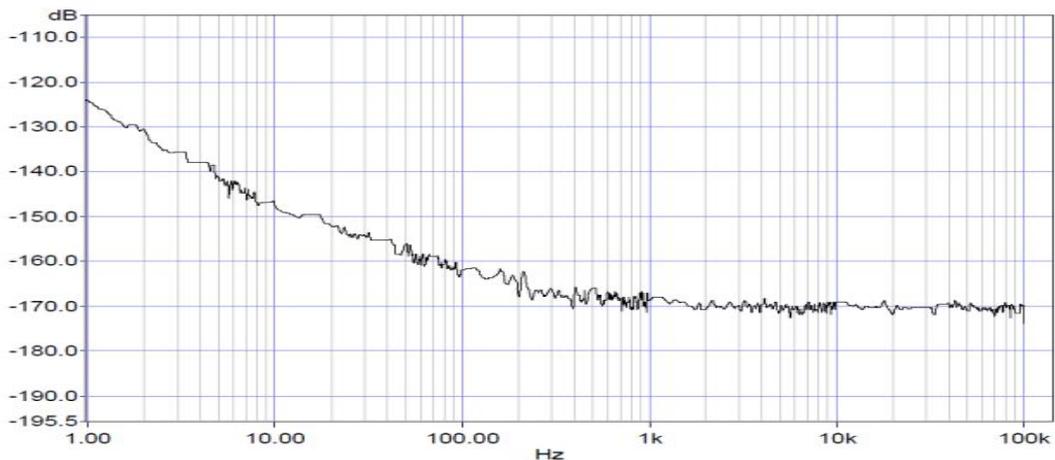
Полученный результат:

КНЧ до  $2E-13/1c$  и ФШ до  $-120$  дБн/Гц при отстройке  $1$  Гц для  $10$  МГц;

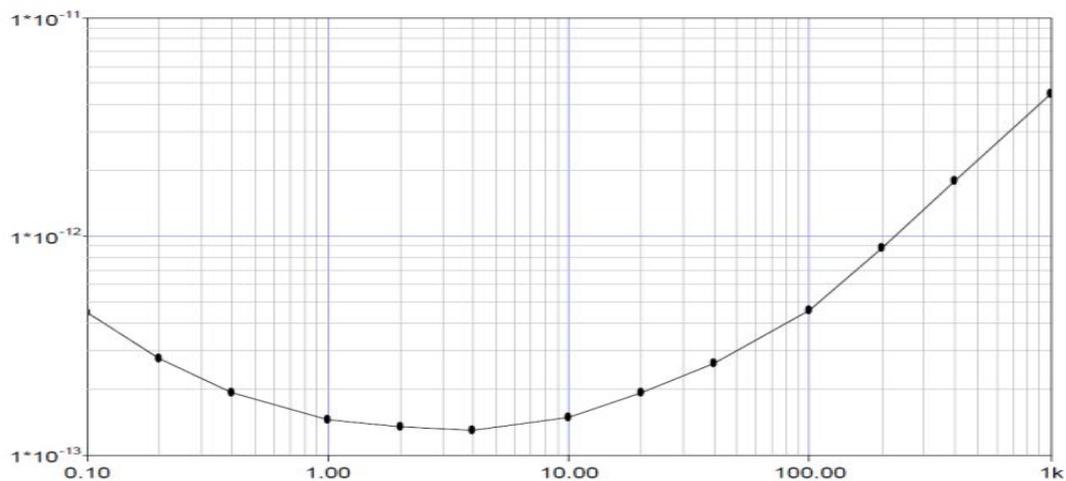
ФШ до  $-135$  дБн/Гц при отстройке  $100$  Гц и  $-178$  дБн/Гц при отстройке  $100$  кГц для  $100$  МГц.



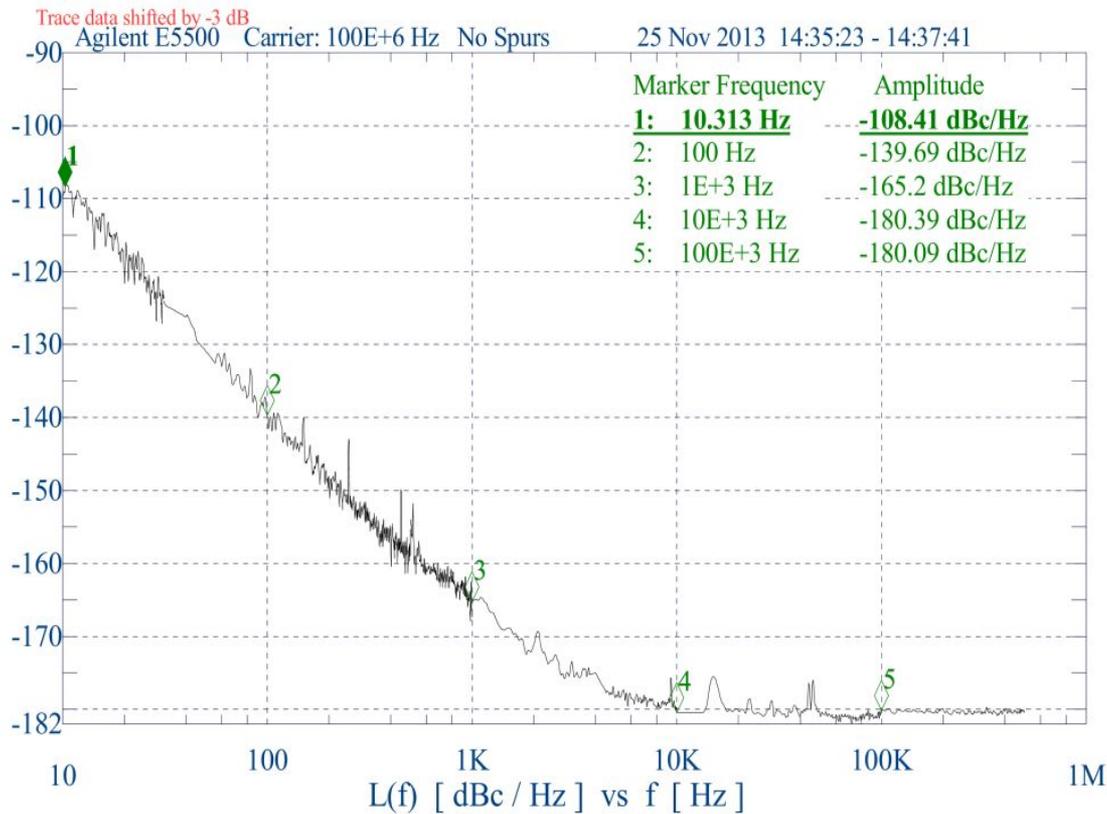
# Фазовые шумы и кратковременная нестабильность частоты



10 МГц



# Фазовые шумы и кратковременная нестабильность частоты



100 МГц



# Что дальше?!

Температурная нестабильность частоты  $2...6E-11$

+

Фазовые шумы  $-120$  дБн/Гц при отстройке  $1$  Гц

+

Кратковременная нестабильность частоты  $2E-13$   
за  $1$  и  $10$  с



**Спасибо за внимание!**



**Morion, Inc.**  
Saint-Petersburg, Russia  
[www.morion.com.ru](http://www.morion.com.ru)