

**Калинин А.С., Мякинков В.Ю., Рудый Ю.Б.,  
Ковтунов Д.А., Сергеичева А.С.**  
*АО «НПП «Исток» им. Шокина»*

## **Измерения фазовых шумов вблизи несущей в высокостабильном генераторе СВЧ с частотной модуляцией**

*Представлены результаты разработки высокостабильного генератора СВЧ на ДР в 2-см диапазоне длин волн с малым уровнем фазовых шумов, предназначенного для использования в качестве источника сигнала для передатчика системы доплеровского измерителя скорости и угла сноса (ДИСС) современных летательных аппаратов. В докладе приводятся результаты измерений уровня фазовых шумов (при малой отстройке от несущей 100 Гц) экспериментальных образцов генераторов с возможностью частотной модуляции в ближней зоне (десятки кГц) и сравнение и анализ результатов измерений шумовых характеристик генераторов в зависимости от используемой контрольно-измерительной аппаратуры ведущих мировых производителей, таких как Keysight Technologies и ROHDE&SCHWARZ.*

**Ключевые слова:** Высокостабильный генератор, низкие фазовые шумы, доплеровский измеритель скорости и угла сноса.

Разрабатываемый в ходе работы высокостабильный малошумящий генераторный СВЧ модуль с импульсной и частотной модуляцией предназначен для использования в качестве источника высокостабильного сигнала для передатчика радиолокационной системы доплеровского измерителя скорости и сноса (ДИСС) летательного аппарата.

Одним из важнейших показателей качества СВЧ генераторов, к которому предъявляются все более жесткие требования, является уровень фазового шума. Задача реализации требований по уровню шума является одной из основных и сложнейших при проектировании генераторных устройств.

Для обеспечения требований по уровню фазового шума в рассматриваемом генераторе была применена схема с фазовой автоматической подстройкой частоты (ФАПЧ). В качестве источника опорного сигнала для системы был использован термокомпенсированный малогабаритный кварцевый генератор частоты производства АО Завод «Метеор», характеристика которого приведена на рисунке 1.

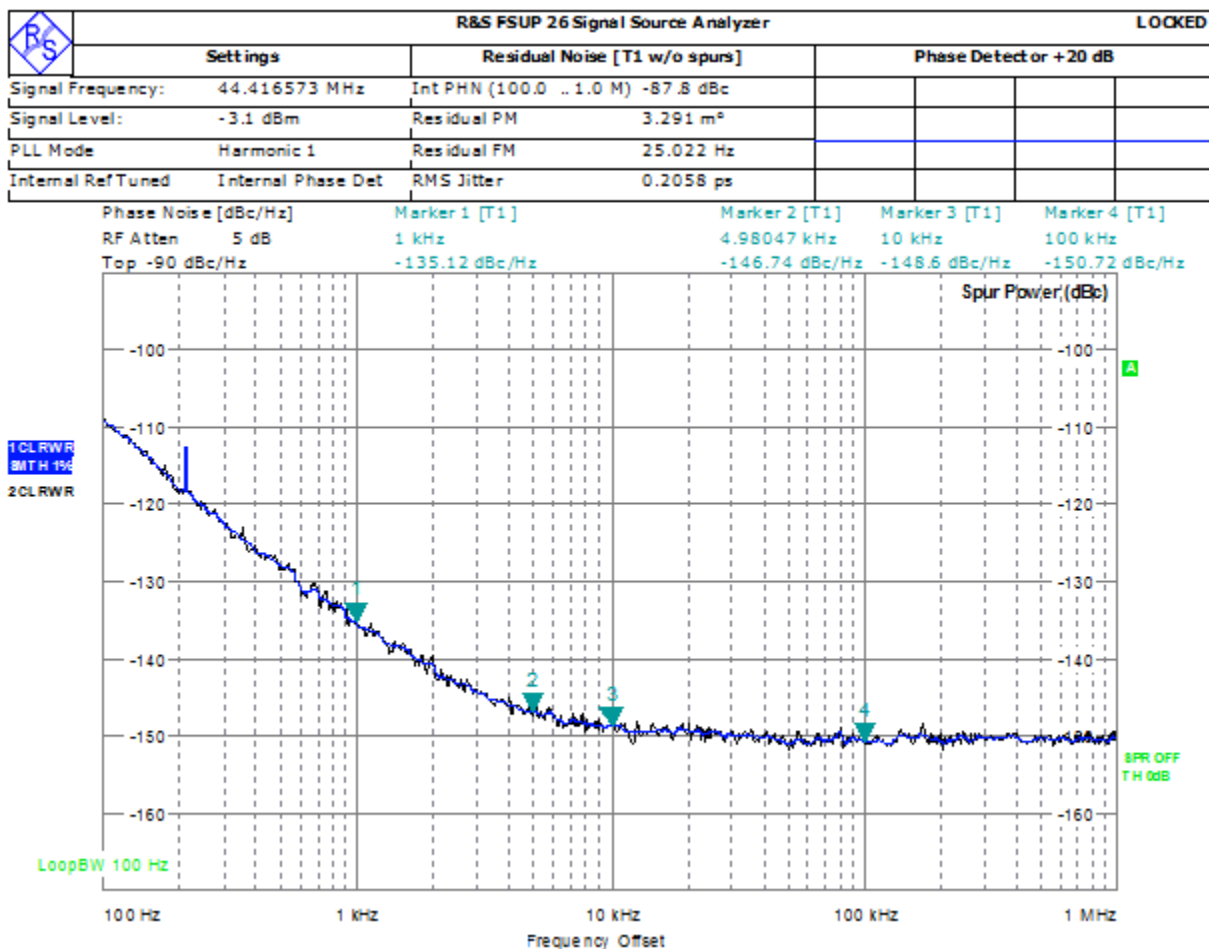


Рис. 1. Характеристика кварцевого генератора АО Завод «Метеор»

В качестве источника основного сигнала используется генератор на диэлектрическом резонаторе, управляемый напряжением. Ответвленный сигнал с основного генератора подается через делители частоты на микросхему фазового детектора, где производится его сравнение с сигналом опорного кварцевого генератора. С выхода фазового детектора снимаются два сигнала, подаваемые на дифференциальный усилитель. Дифференциальный усилитель в результате сравнения этих сигналов выдает напряжение, подаваемое на управляющий вход генератора, обеспечивая подстройку частоты до заданного значения.

При выполнении измерений фазовых шумов, особенно на малых отстройках большую роль играет применяемое измерительное оборудование. На рисунках 2 и 3 приведены результаты измерения уровня спектральной плотности мощности фазовых шумов разработанного генератора при использовании анализатора спектра N9030A производства компании Keysight Technologies и FSWP50 Rohde&Schwarz соответственно.

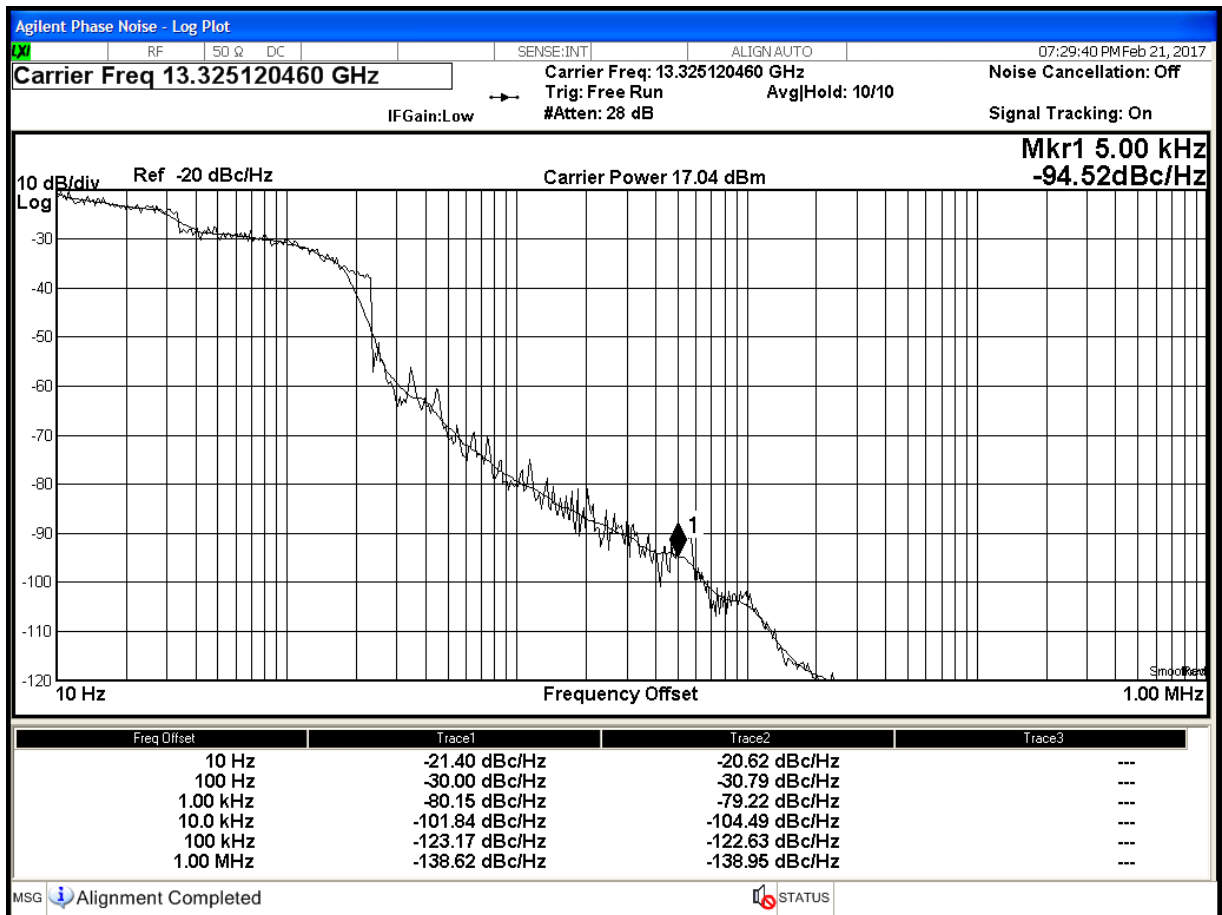
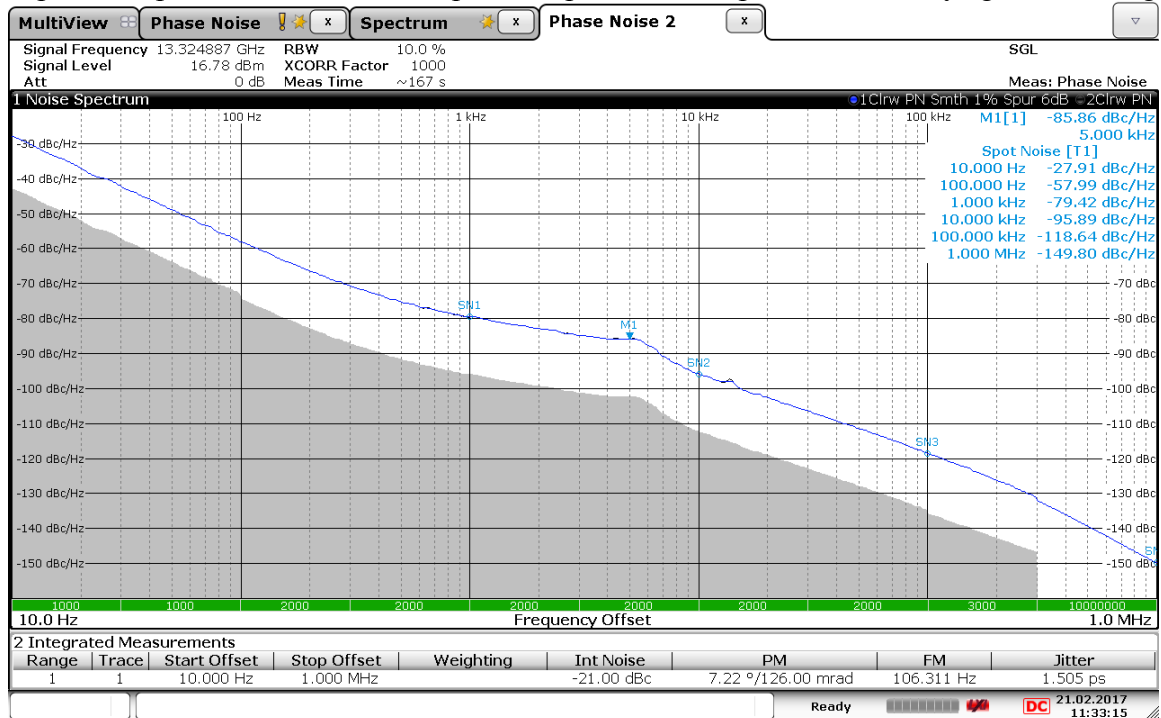


Рис. 2. Характеристика уровня спектральной плотности мощности фазовых шумов, измеренная при помощи анализатора спектра N9030A производства Keysight Technologies



Date: 21.FEB.2017 11:33:16

Рис. 3. Характеристика уровня спектральной плотности мощности фазовых шумов, измеренная при помощи анализатора FSWP50 компании Rohde & Schwarz

Все измерения, для минимизации воздействия внешних факторов, проводились с использованием на одном и том же стенде, условия измерений поддерживались неизменными.

Как можно видеть из рисунков, в области малых отстроек от несущей частоты (порядка 100 Гц) анализатор FSWP50 производства Rohde&Schwarz обладает значительным преимуществом по уровню измеряемых шумов, что может быть обусловлено качеством входных каскадов оборудования.

На отстройках от несущей порядка 1-10 кГц разница между приборами не столь существенна.

На дальних отстройках разница в результатах измерений также менее выражена, чем вблизи несущей, но преимуществом по-прежнему обладает анализатор FSWP50 производства компании Rohde&Schwarz.