

# Генератор с низким фазовым шумом для измерений параметров КВ приемников

Скидан Олег UR3IQO

Генератор с низким фазовым шумом (далее Генератор) генерирует спектрально чистый однотоновый сигнал с частотой в пределах диапазона 40м, калиброванным уровнем и низким уровнем бокового шума.

Генератор может быть использован при проверке и измерении параметров КВ приемников. Например, при измерении ДД по блокированию (BDR), ДД по интермодуляции (IMD3 DR), ДД по обратному преобразованию на шумах. Также его можно использовать для калибровки/проверки S-метров и других задач.

Таблица 1 Параметры

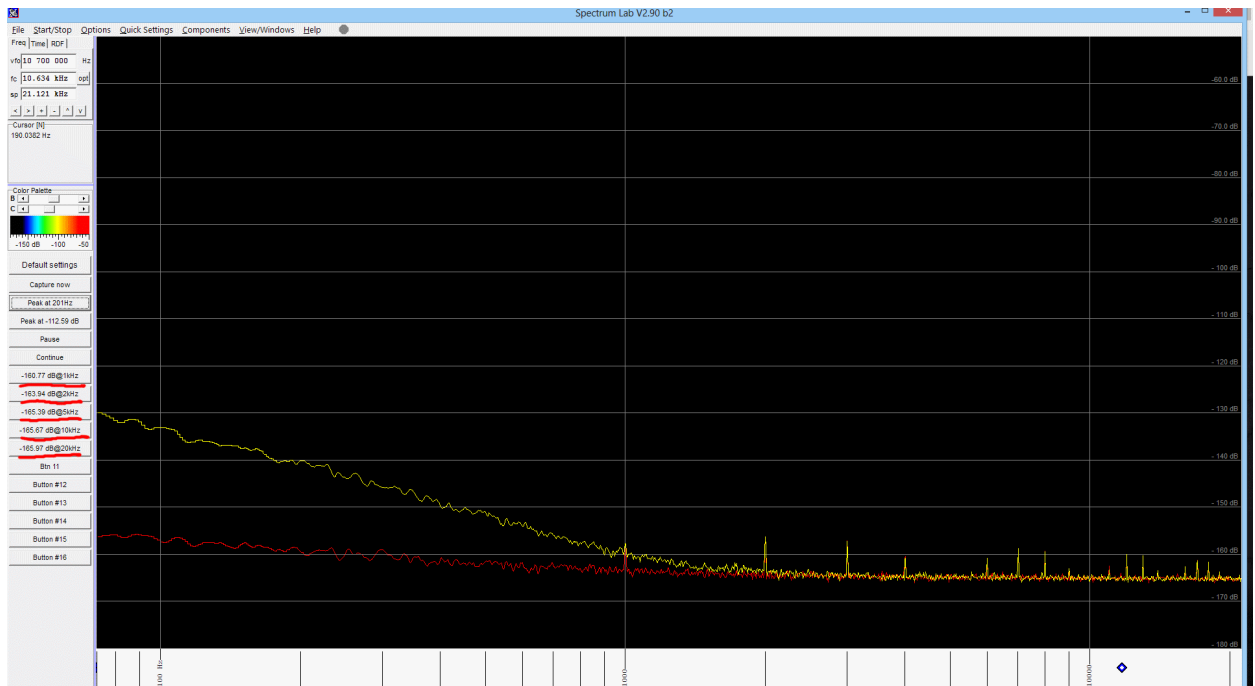
Параметр	Мин.	Тип.	Макс.
Частота <sup>1</sup> , кГц	7151	7153	7155
	7138	7140	7142
Выходная мощность, дБм	+4.5	+5	+5.5
Фазовый шум, дБн/Гц			
отстройка 1кГц		-163	
отстройка 10кГц		< -180 <sup>2</sup>	
Напряжение питания, В	3.5		6
Размеры <sup>3</sup> , мм		57x50x15	

<sup>1</sup> Существует две версии генератора на две частоты 40м диапазона

<sup>2</sup> Вычисленное значение исходя из шума КГ, АЧХ КФ и уровня теплового шума

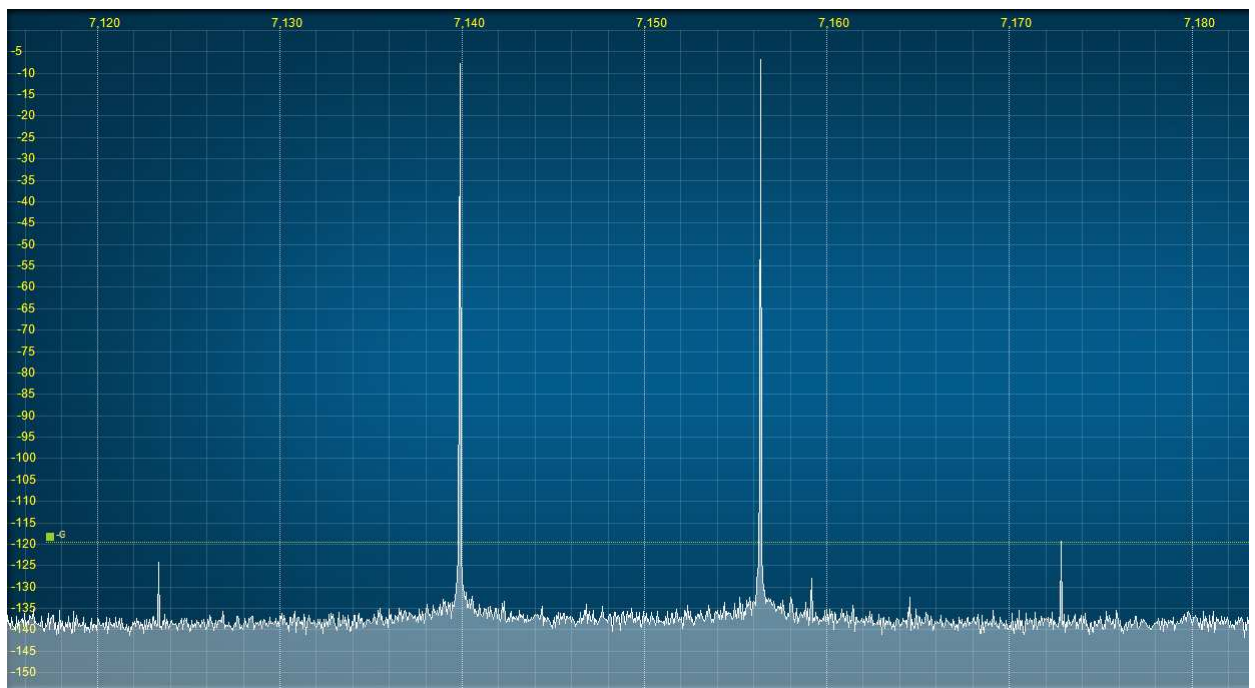
<sup>3</sup> Включая выходной разъем

Генератор состоит из малошумящего кварцевого генератора, питание которого стабилизировано интегральным стабилизатором с ультранизким шумом. Такая комбинация сама по себе обеспечивает достаточно низкий уровень бокового фазового и амплитудного шума для измерений параметров даже наиболее совершенных КВ приемников. Кварцевый фильтр на выходе КГ позволяет дополнительно снизить шумы на достаточно больших отстройках (более 1кГц), а также подавляет сигналы вне полосы пропускания попадающие на выход генератора. Благодаря этому при измерениях требующих сложения сигналов двух генераторов (например, для измерения ДД по интермодуляции) требования по развязке к сумматору значительно уменьшаются. Даже с простым резистивным сумматором возможны измерения IP3 порядка +50дБм.



**Рис.1** ФШ генератора (желтая линия) и шумовой пол измерительной установки

На рис.1 показаны результаты измерения ФШ Генератора. На частоте 1кГц суммарный ФШ Генератора и шум измерительной установки превышают шум измерительной установки на 3дБ, т.е. ФШ Генератора равен шумовому полу установки (-163дБн/Гц). На отстройке 10кГц кварцевый фильтр на выходе обеспечит подавление шума более 20дБ. Учитывая тепловой шум (-17дБм/Гц), выходную мощность Генератора (+5дБм) можно с большой уверенностью считать, что шум ФШ Генератора составит менее -180дБн/Гц.



**Рис.2** Измерения интермодуляции приемного тракта с прямой оцифровкой. Сигналы с двух Генераторов сложены простым резистивным сумматором. Тем не менее удалось измерить значение IP3 в +48.5дБм (-7дБм сигналы Генераторов и -118дБм больший продукт интермодуляции).

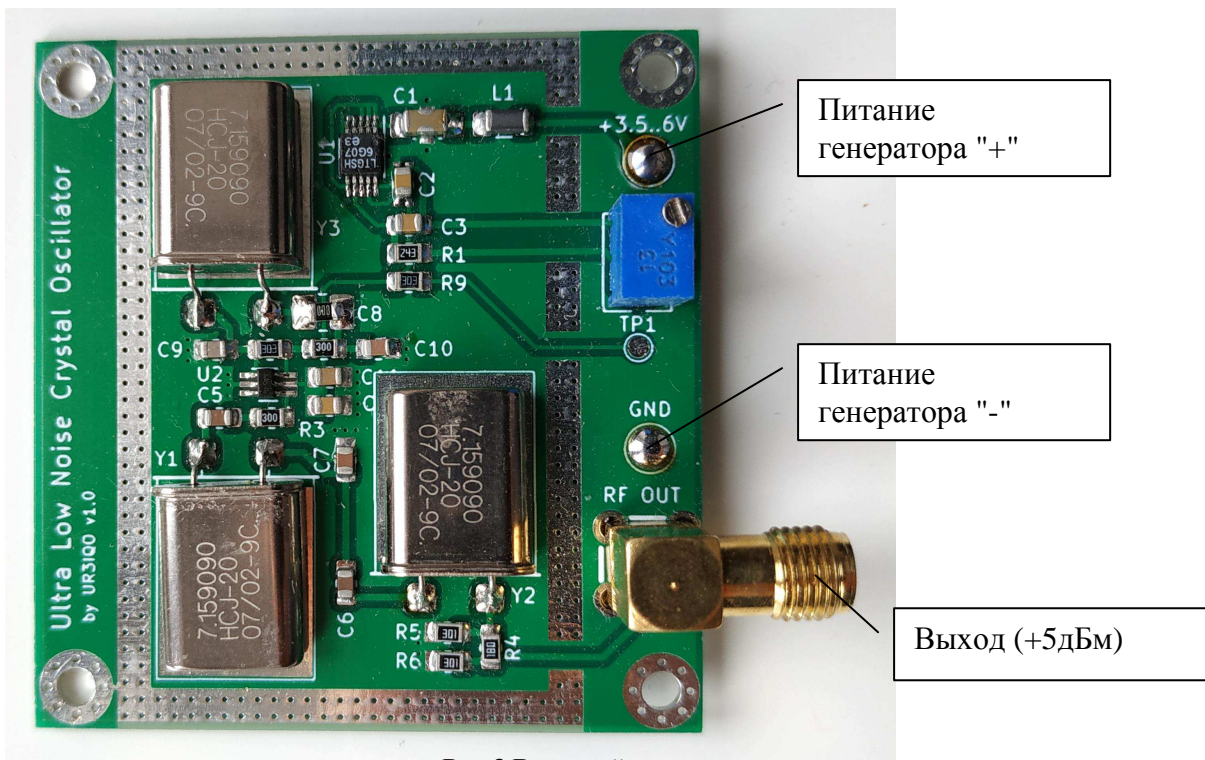


Рис.3 Внешний вид генератора

Генератор допускает достаточно широкий диапазон напряжений питания (рекомендуемый +3.5..6В, максимальный +3.5..15В) и содержит на плате малошумящий стабилизатор напряжения. Тем не менее рекомендуется использовать для питания генератора чистый источник питания. Очень хороший вариант это питание от одного литиевого АКБ 18650 или от батареек.

## Схемы использования генератора для различных измерений

**Внимание:** В данном разделе приведена только базовая информация в упрощенном виде, местами адаптирована под р/л применения и, соответственно, не всегда верная с точки зрения метрологии. Для проведения измерений необходимо понимание предмета и знание методик проведения измерений. Вы можете ознакомиться с ними в различной литературе, например, ARRL Test Procedures Manual и документах ITU.

**Внимание:** Для большинства измерений потребуется ступенчатый аттенюатор и сумматор. Эти стандартные узлы не поставляются вместе с Генератором.

### Калибровка S-метра

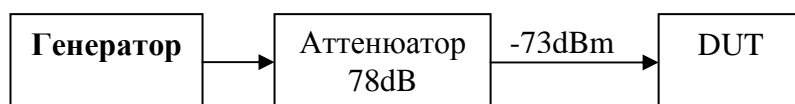


Рис 4. Стенд для проверки/калибровки S-метра

Генератор выдает калиброванный по уровню сигнал, поэтому его можно использовать для проверки и калибровки S-метра. Для получения уровня -73дБм (стандартного для S9) потребуется аттенуатор на 78дБ.

### **Измерения ДД по блокированию и ДД по обратному преобразованию на шумах**

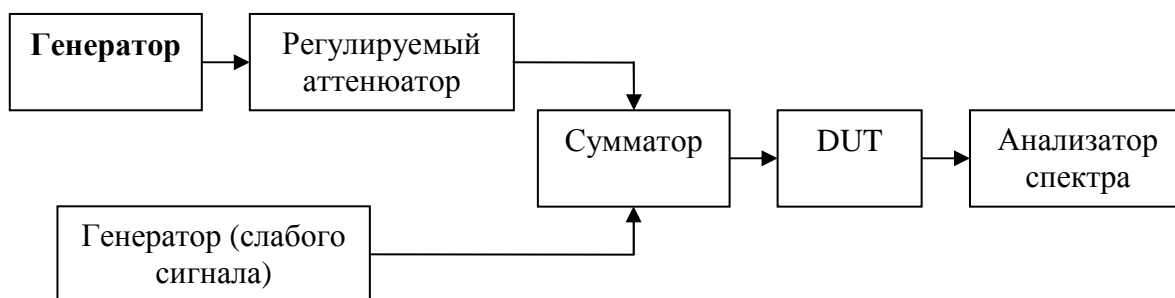


Рис 5. Стенд для измерения ДД по блокированию и ДД по обратному преобразованию на шумах

ДД по блокированию представляет диапазон сигналов от пороговой чувствительности до уровня приводящему к падению уровня полезного слабого сигнала на выходе приемника (DUT) на 1дБ. Генератор мешающего сигнала для проведения этих измерений должен обладать исключительно низким уровнем бокового шума, в то же время к источнику слабого сигнала не предъявляется особых требований.

**Внимание:** При проведении измерений описанных в данном разделе, система АРУ приемника должна быть отключена, а тракт приемника должен работать в линейном режиме (что достигается правильной установкой ручной регулировки усиления и громкости).

$$\text{BDR (дБм)} = +5 \text{ дБм} - \text{Затухание аттенуатора (дБ)} - \text{Потери сумматора (дБ)} - \text{Пороговая чувствительность (дБм)} \quad (1)$$

Для измерения ДД по блокированию уровень тестового сигнала от Генератора увеличивается (путем уменьшения ослабления аттенуатора) до тех пор пока слабый сигнал на выходе приемника не уменьшится на 1дБ. Далее используя формулу (1) вычисляют ДД по блокированию.

ДД по обратному преобразованию на шумах определяется как отношение мешающего сигнала с уровнем приводящим к увеличению собственных шумов приемника на 3дБ к пороговой чувствительности приемника.

$$\text{RMDR (дБм)} = +5 \text{ дБм} - \text{Затухание аттенуатора (дБ)} - \text{Потери сумматора (дБ)} - \text{Пороговая чувствительность (дБм)} \quad (2)$$

При измерения ДД по обратному преобразованию на шумах уровень тестового сигнала от Генератора увеличивается (путем уменьшения ослабления аттенуатора) до тех пор пока уровень собственных шумов приемника не увеличится на 3дБ. Далее используя формулу (2) вычисляют ДД по обратному преобразованию на шумах.

**Внимание:** Для определения что произошло (блокирование или обратное преобразование на шумах) можно использовать анализатор спектра на выходе приемника. Если Уровень шума увеличился, то наблюдается обратное преобразование на шумах, если уровень полезного сигнала падает, то наблюдается блокирование.

Если Вы абсолютно уверены, что ДД по преобразованию на шумах меньше ДД по блокированию, то можно использовать упрощенную схему для измерения ДД по обратному преобразованию на шумах.:

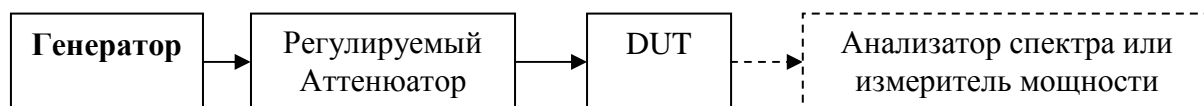


Рис 6. Упрощенная схема измерения RMDR

**Внимание:** Некоторые приемники содержат точный TrueRMS измеритель мощности принимаемого сигнала. В этом случае при использовании упрощенного метода можно обойтись без анализатора спектра или измерителя мощности.

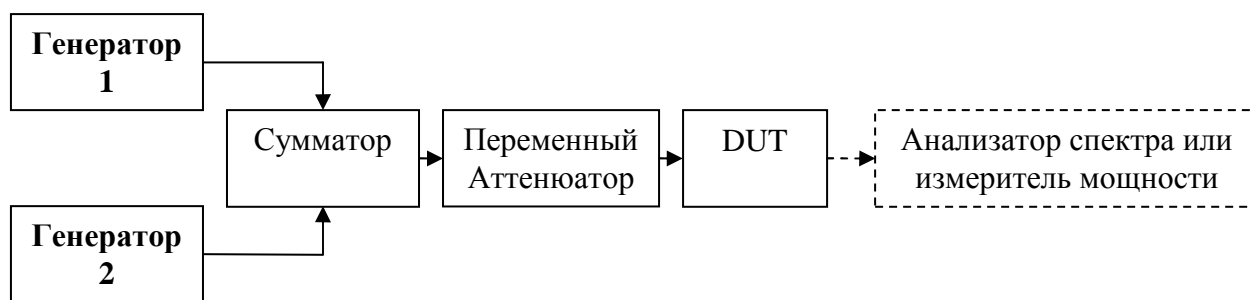
### ***Измерения ДД по интермодуляции третьего порядка***

ДД по интермодуляции третьего порядка это диапазон сигналов на входе приемника в котором продукты интермодуляции не превышают по уровню собственные шумы приемника (в зависимости от методики нижняя граница ДД может быть принята другой, не равной собственным шумам приемника).

**Внимание:** Информация представленная в данном разделе носит ознакомительный характер, а представленная методика упрощена. Рекомендуется обратиться к литературе с полным описанием методики измерения, например, ARRL Test Procedures Manual [1] или документам ИТУ.

**Внимание:** Для измерения уровня интермодуляционных искажений 3го порядка и ДД по интермодуляции третьего порядка Вам потребуется два Генератора на разные частоты.

**Внимание:** При проведении измерений описанных в данном разделе, система АРУ приемника должна быть отключена, а тракт приемника должен работать в линейном режиме (что достигается правильной установкой ручной регулировки усиления и громкости).



**Рис 7. Упрощенный стенд для измерения уровня интермодуляционных искажений третьего порядка**

Два тестовых сигнала одинаковой амплитуды суммируются сумматором и через регулируемый аттенюатор подаются на вход приемника. Приемник настраивается частоту одного из продуктов интермодуляции третьего порядка ( $2 \cdot f_1 - f_2$  или  $2 \cdot f_2 - f_1$ ). Уровень тестового двухтонового сигнала увеличивается путем уменьшения ослабления регулируемого аттенюатора до тех пор, пока уровень продукта интермодуляции не сравняется с уровнем собственного шума приемника (при этом общая мощность сигнала и шума на выходе приемника возрастет на 3дБ). Далее вычисляют ДД по интермодуляции по формуле (3). Процедуру повторяют для второго продукта интермодуляции, из вычисленных значений берут меньшее:

$$DR3 \text{ (дБ)} = +5 \text{ дБм} - \text{Потери сумматора (дБ)} - \text{Ослабление аттенюатора (дБ)} - \text{Пороговая чувствительность (дБм)} \quad (3)$$

Для некоторых архитектур уровень продуктов интермодуляции третьего порядка не следует кубическому закону и одна цифра ДД плохо характеризует реальное поведение такого приемника при наличии сильных мешающих сигналов. В таких случаях рекомендуется измерять уровни продуктов интермодуляции для разных уровней тестовых сигналов и затем приводить таблицу или график зависимости уровня интермодуляционных искажений от уровня входных сигналов.

## **Список литературы**

1. ARRL Test Procedures Manual,  
<http://www.arrl.org/files/file/Technology/Procedure%20Manual%202011%20with%20page%20breaks.pdf>