

## Измерение параметров кварцевых резонаторов с помощью генератора Г4-РК2/150-АФ с опцией измерения АЧХ и ФЧХ.

### ВВЕДЕНИЕ.

Двухканальный генератор высокочастотных сигналов Г4-РК2/150-АФ предназначен для настройки, регулировки и контроля радиоприемной, радиопередающей и другой радиотехнической аппаратуры в диапазоне частот от 0.4 до 150 МГц.

Прибор обеспечивает формирование:

- колебаний в режиме непрерывной генерации;
- сигналов с амплитудной (АМ), частотной (ЧМ) и фазовой (ФМ) модуляцией внутренними или внешними аналоговыми сигналами;
- сигналов с цифровыми видами модуляции: импульсной амплитудной (ASK), частотной (FSK), фазовой (BPSK, QPSK) манипуляцией, квадратурной амплитудной модуляцией (QAM);
- частотного свипирования, как по линейному, так и любому произвольно заданному закону изменения частоты.

Прибор Г4-РК2/150-АФ обеспечивает измерение амплитудно-частотных (АЧХ) и фазо-частотных (ФЧХ) характеристик двухполюсников в диапазоне рабочих частот. Управление и питание прибора осуществляется по шине USB от компьютера.

В этой опции прибора в его состав введен измерительный супергетеродинный приемник. Канал В формирует испытательный сигнал, а канал А служит для формирования сигнала гетеродина измерительного приемника. Значение промежуточной частоты в точности равно  $1/256$  тактовой частоты. Измерительный приемник обеспечивает аналоговый сигнал пропорциональный логарифму уровня входного сигнала (RSSI) и ограниченный по амплитуде сигнал промежуточной частоты. Аналоговый сигнал поступает на 10-ти разрядный АЦП микроконтроллера, а сигнал промежуточной частоты в ТТЛ уровне поступает на фазовый детектор типа «исключающее ИЛИ». На второй вход фазового детектора подается меандр частотой  $1/256$  от тактовой. Импульсы с выхода фазового детектора заполняются тактовой частотой и поступают на счетчик. Фазовый детектор и другие цифровые схемы занимают часть ресурсов ПЛИС генератора.

Измерение АЧХ и ФЧХ генератором Г4-РК2/150-АФ проводится в 1024 точках заданного диапазона частот. Результаты измерения амплитуды и фазы передаются на ПЭВМ, где управляющая программа строит графики АЧХ и ФЧХ.

Помимо этого управляющая программа позволяет проводить калибровку прибора при широкополосных измерениях и учитывать длину соединительных кабелей, изменять время измерений, что необходимо для измерений высокочастотных устройств типа кварцевых резонаторов и обеспечивает простую обработку результатов измерений.

Далее приведены результаты измерений АЧХ и ФЧХ кварцевых резонаторов с частотой 10 и 56 МГц. Для измерения параметров кварцевых резонаторов использовалась тестовая установка, представляющая из себя эмиттерный повторитель на транзисторе КТ606 и необходимые цепи согласования сопротивлений. На вход тестовой установки подавался сигнал с выхода канала В генератора Г4-РК2/150-АФ, выход тестовой установки подключался к разъему канала А, который в этом случае является входом измерительного приемника.

Перед измерением кварцевых резонаторов проводится калибровка установки. Для этого вместо резонатора подключается резистор и проводится измерение АЧХ и ФЧХ во всем диапазоне частот.

Затем при создании массива отсчетов для измерений учитываются амплитудные и фазовые поправки, полученные на этапе калибровки. На рис.1а представлена АЧХ до калибровки, на рис. 1б после калибровки.

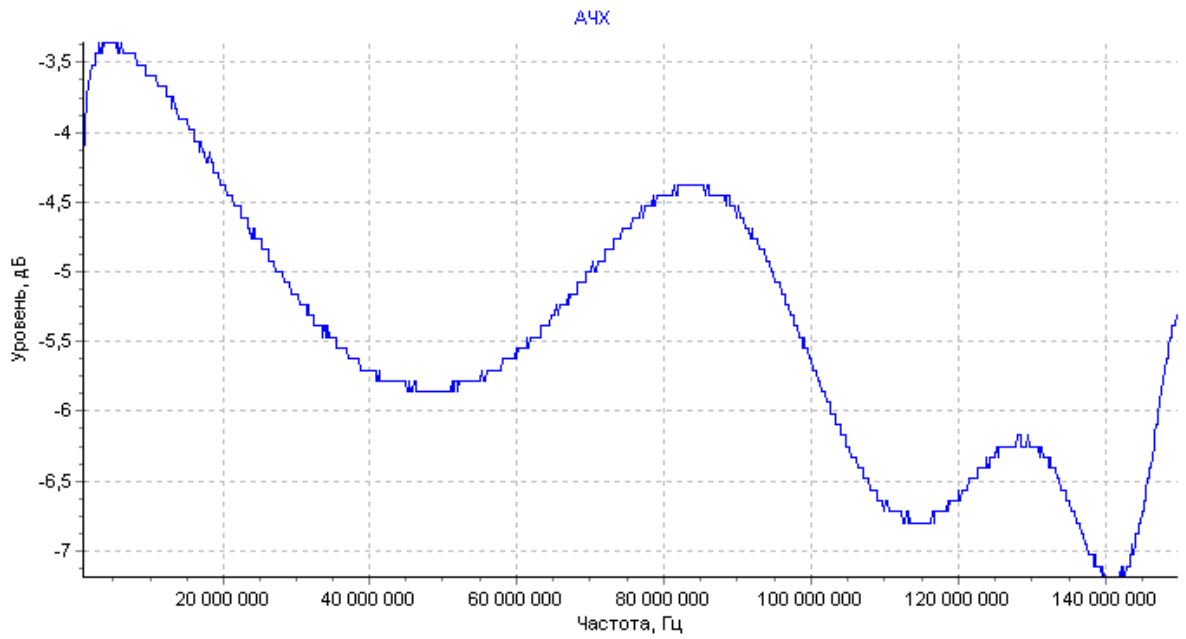


Рис 1а. Диапазон частот 0.4-150 МГц, видна неравномерность АЧХ каналов генератора.

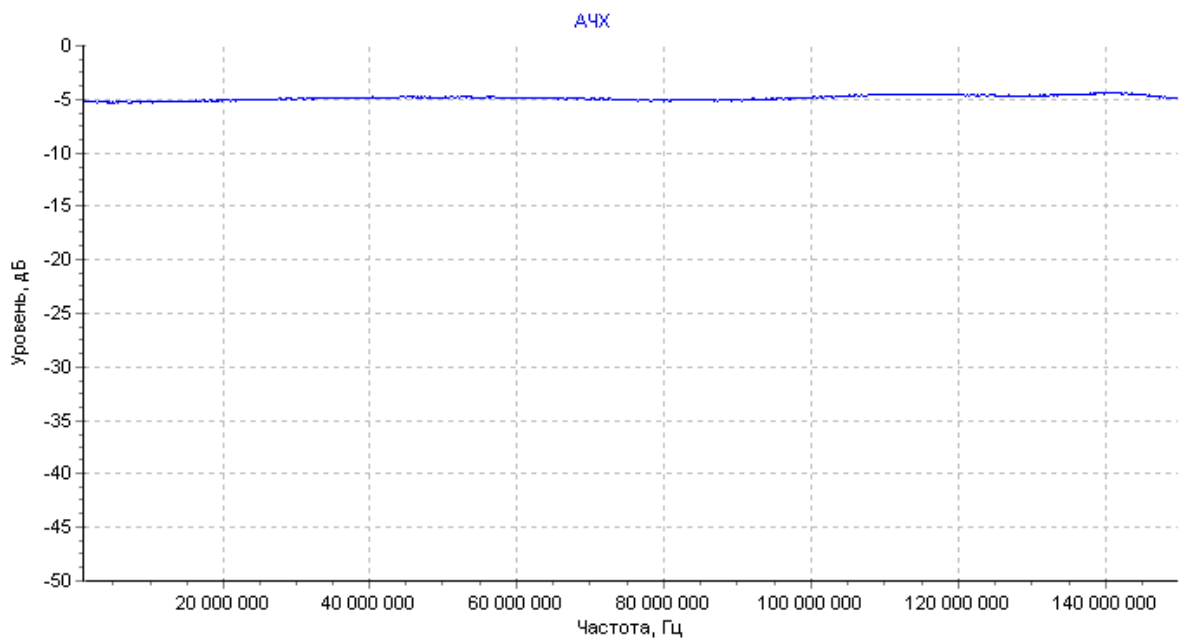


Рис 1б. Диапазон частот 0.4-150 МГц, неравномерность АЧХ учтена поправками в массиве отсчетов.

## 1. ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ КВАРЦЕВОГО РЕЗОНАТОРА 10 МГц.

После проведения калибровки можно приступить непосредственно к измерению параметров тестируемого устройства. В нашем случае это кварцевый резонатор на основной гармонике 10 МГц. Посмотрим его АЧХ в полосе 0.4 – 20 МГц (рис. 2).

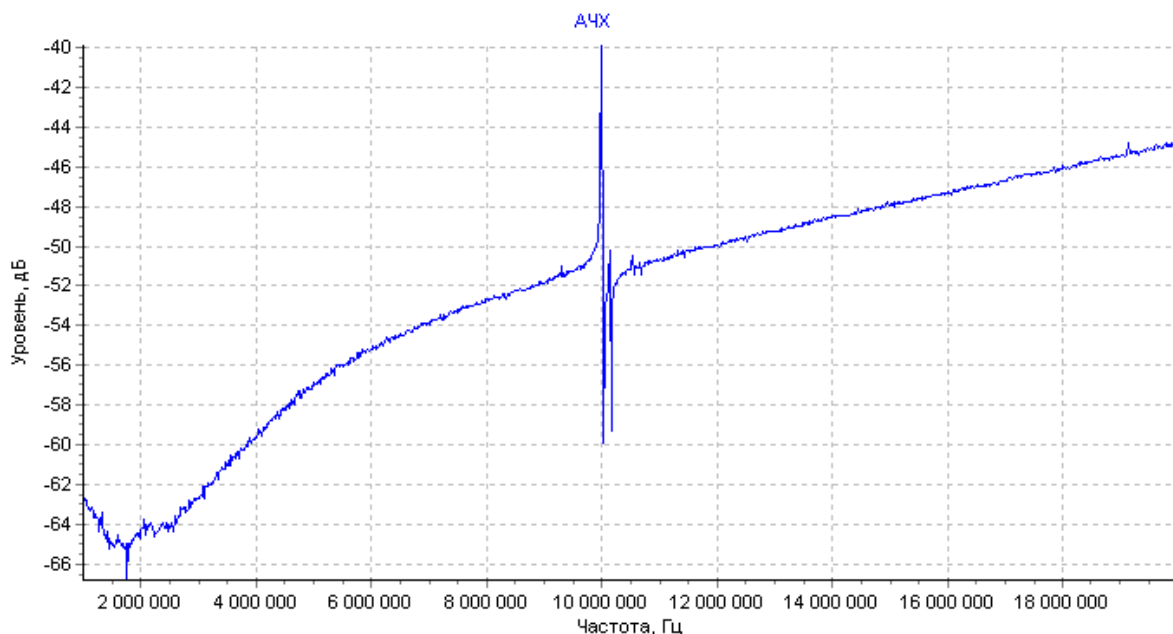


Рис. 2 Диапазон частот 0.4-20 МГц. АЧХ кварцевого резонатора на 10 МГц.

Так как кварцевые резонаторы являются высокодобротными устройствами – требуется существенное время на завершение переходных процессов на каждом шаге по частоте. В нашем опыте время задержки от команды переключения частоты до измерения установлено равным 10 мс после каждого из 1024 шагов по частоте. Т.е. время измерения одной АЧХ составляет примерно 10 секунд. АЧХ кварцевого резонатора в полосе 1 МГц приведена на рис. 3. Видны параллельный и последовательные резонансы.

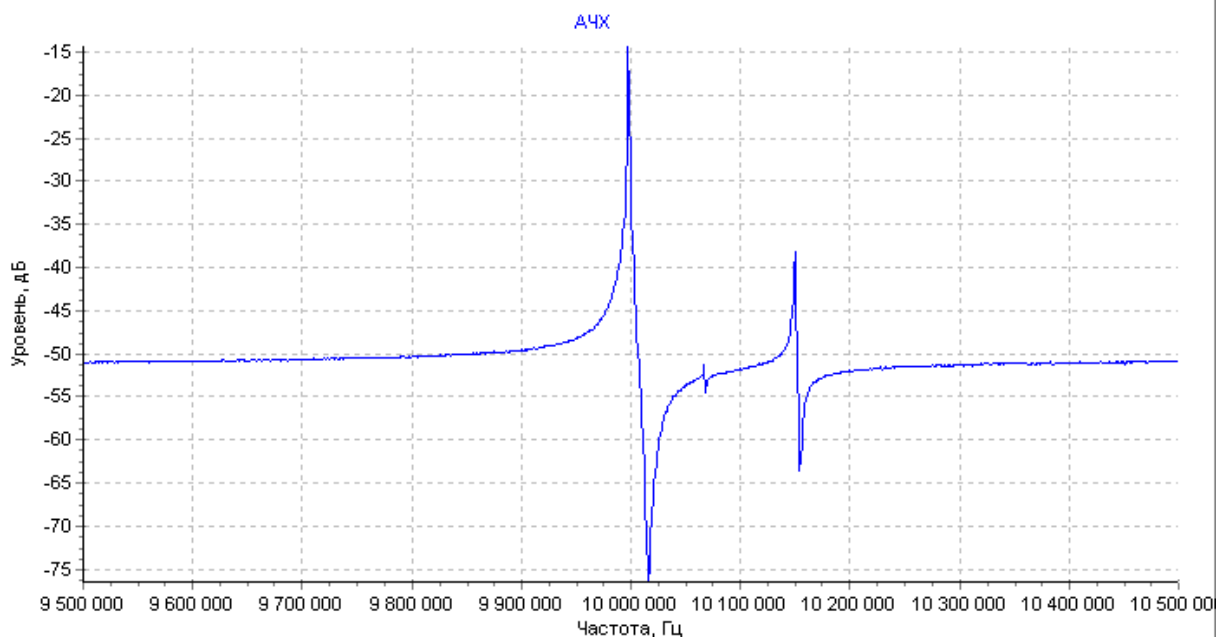


Рис. 3. Диапазон частот 9.5-10.5 МГц. АЧХ кварцевого резонатора на 10 МГц.

Для определения добротности кварцевого генератора рассмотрим ближнюю зону около резонансной частоты (Рис. 4, 5). Видно, что частота резонатора незначительно отличается от 10 МГц, также можно оценить добротность кварцевого резонатора. Ширина полосы по уровню -3 дБ составляет ~200 Гц, что при частоте ~10 МГц дает добротность 50000.

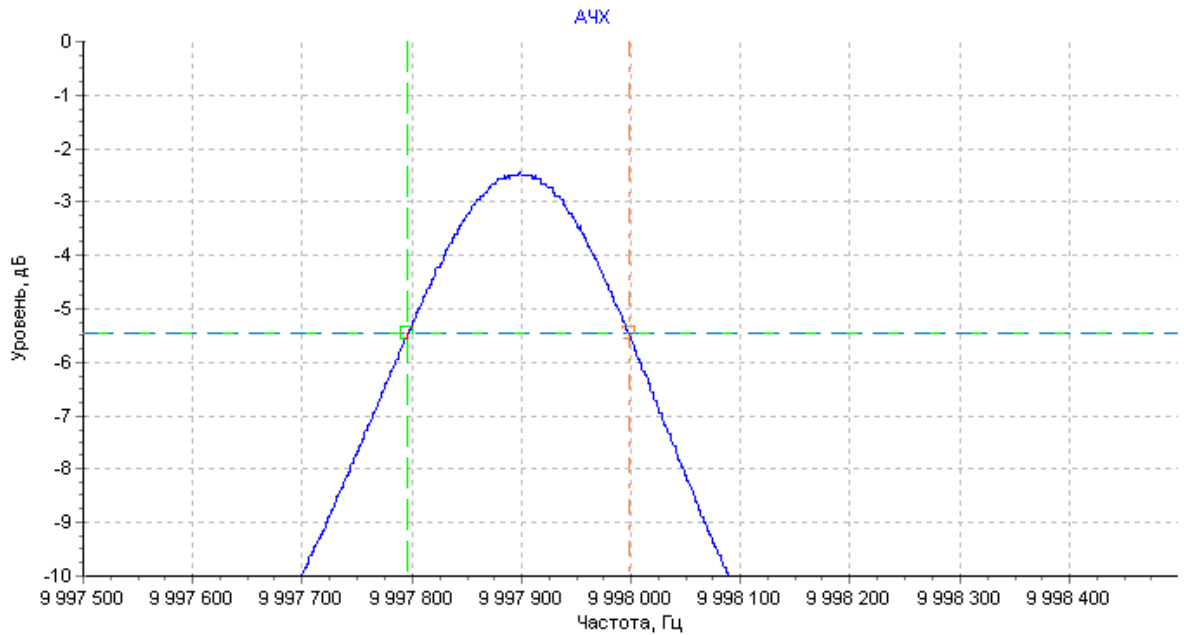


Рис. 4. Диапазон частот 9.9975-9.9985 МГц. АЧХ кварцевого резонатора на 10 МГц.

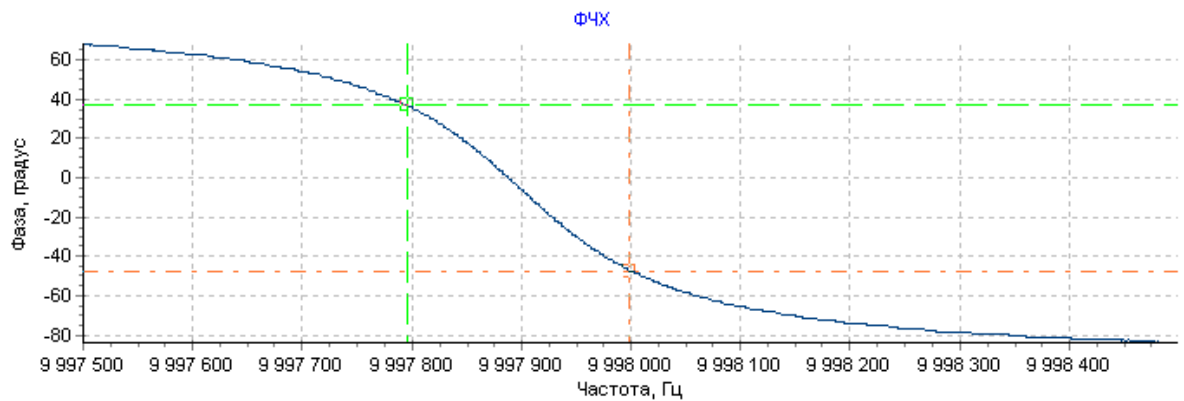


Рис. 5. Диапазон частот 9.9975-9.9985 МГц. ФЧХ кварцевого резонатора на 10 МГц.

## 2. ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ КВАРЦЕВОГО РЕЗОНАТОРА 56 МГц.

Аналогичные измерения были проведены для гармонического кварцевого резонатора SC среза на 56 МГц.

После проведения калибровки измерим АЧХ резонатора на основной моде (рис.6). Видна основная мода на  $\sim 18.7$  МГц и т.н. «термомода» на  $\sim 20.5$  МГц.

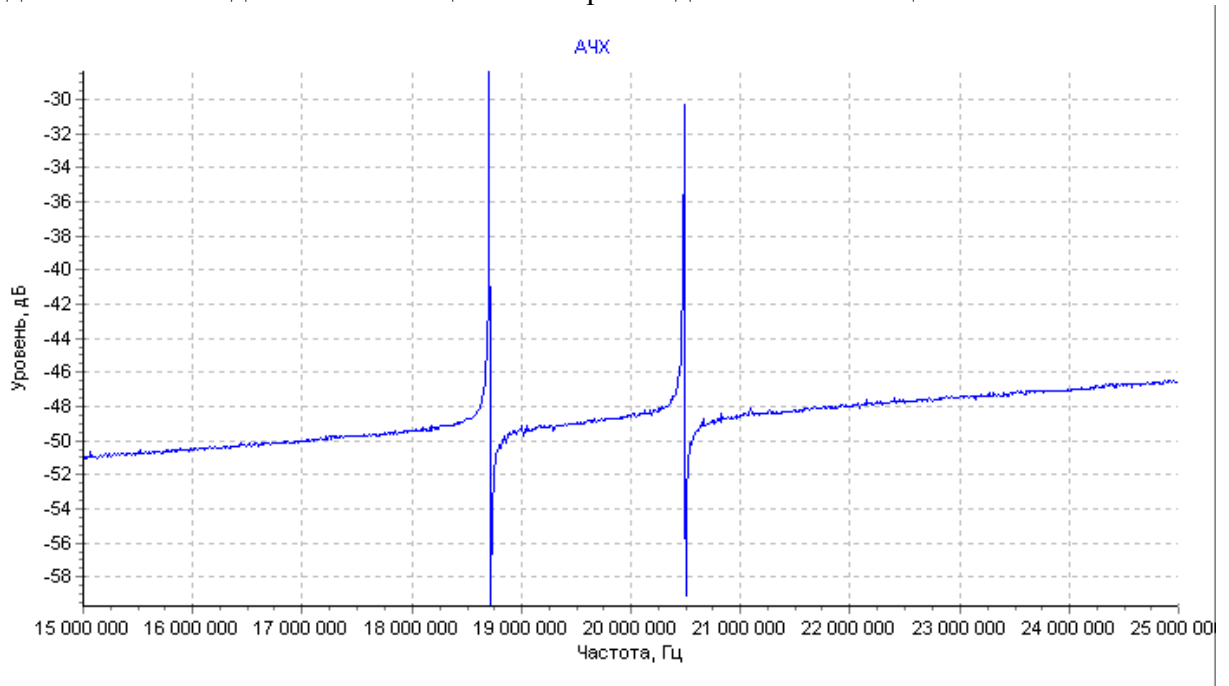


Рис. 6. Диапазон частот 15-25 МГц. АЧХ гармонического кварцевого резонатора на 56 МГц.

Рассмотрим поподробнее ближние зоны резонансов (рис.7, 8)

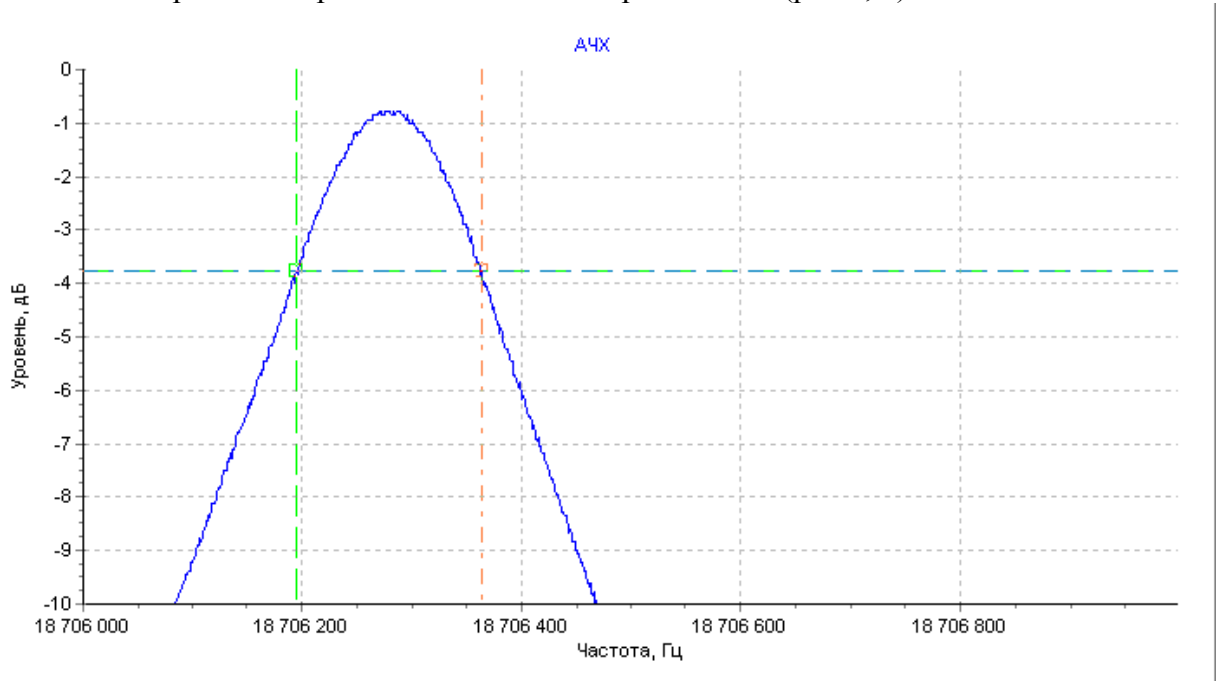


Рис. 7. Диапазон частот 18,706-18,707 МГц. АЧХ гармонического кварцевого резонатора на 56 МГц. Основная мода.

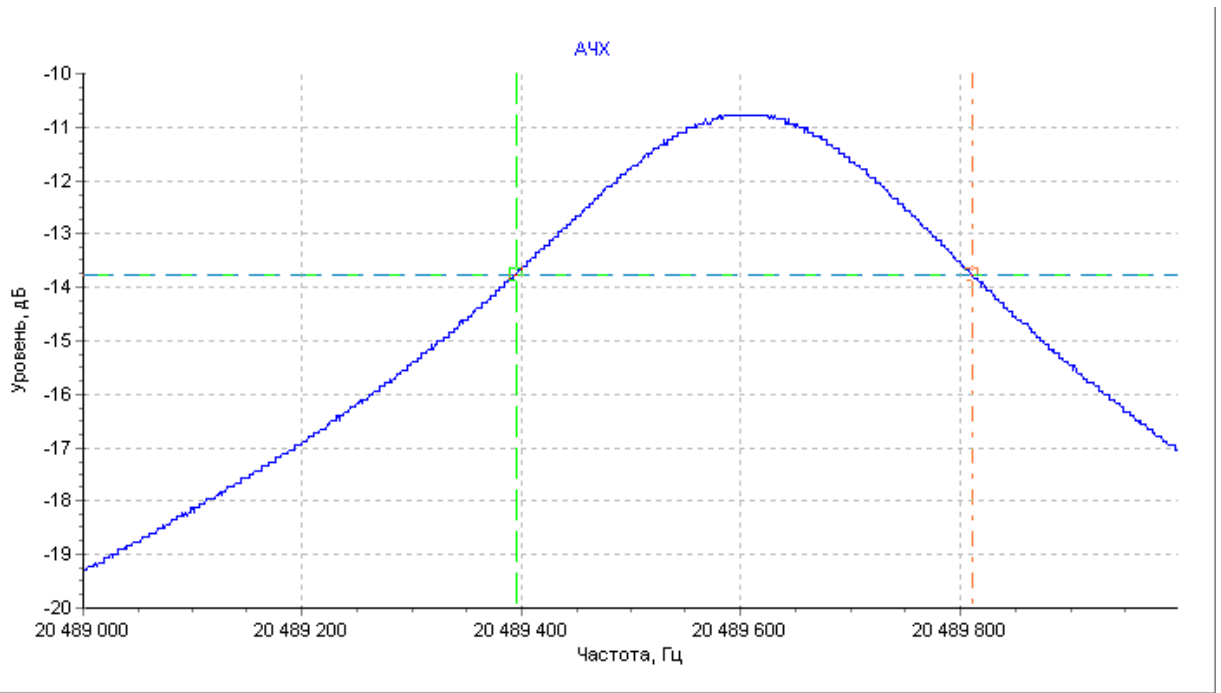


Рис. 8. Диапазон частот 20,489-20,490 МГц. АЧХ гармоникового кварцевого резонатора на 56 МГц. Термомода.

Видно, что добротность резонатора на основной моде значительно выше, чем на термомоде. Теперь перейдем в диапазон третьей гармоники и посмотрим АЧХ в широкой полосе (рис. 9)

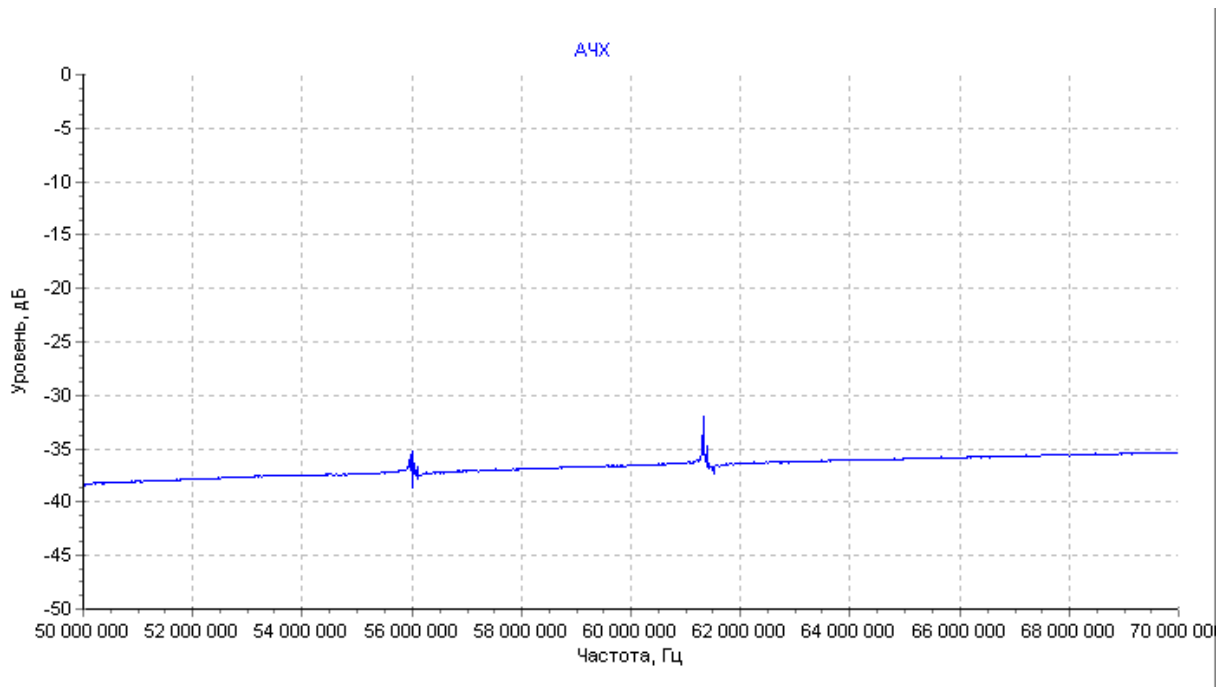


Рис. 9. Диапазон частот 50-70 МГц. АЧХ гармоникового кварцевого резонатора на 56 МГц

Из-за достаточно большого шага измерения (19.5 кГц) мы не смогли отчетливо увидеть резонансы, однако можно определить области в которых они находятся и рассмотреть эти области подробнее (рис. 10,11,12,13).

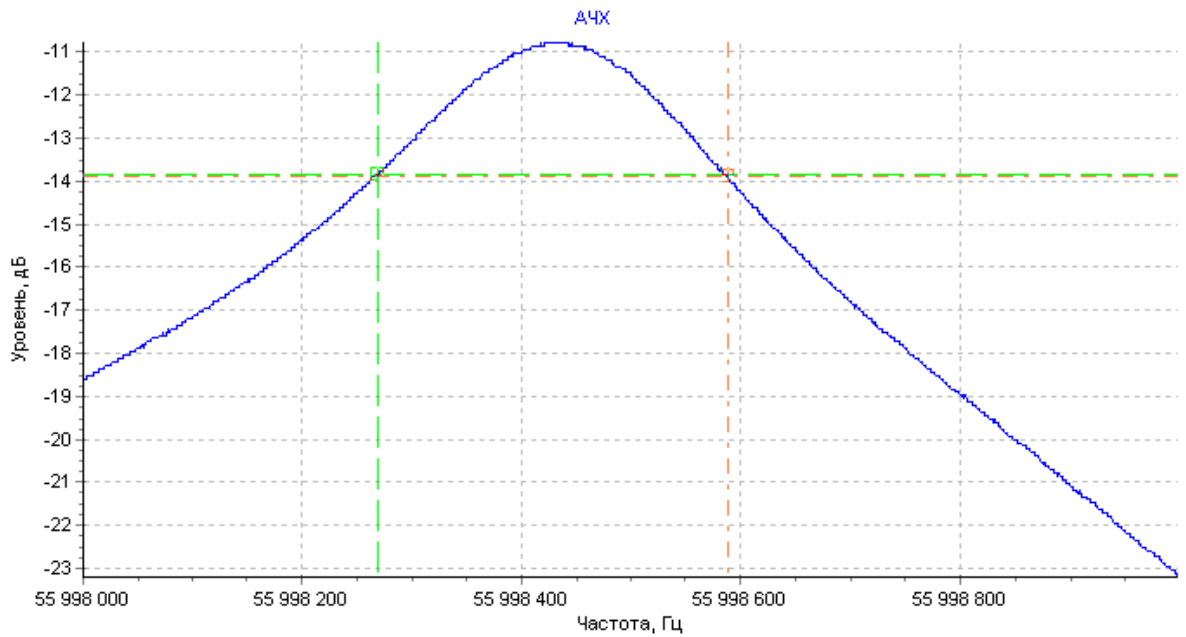


Рис. 10. Диапазон частот 55,998-55,999 МГц. АЧХ гармонического кварцевого резонатора на 56 МГц. Третья гармоника основной моды.

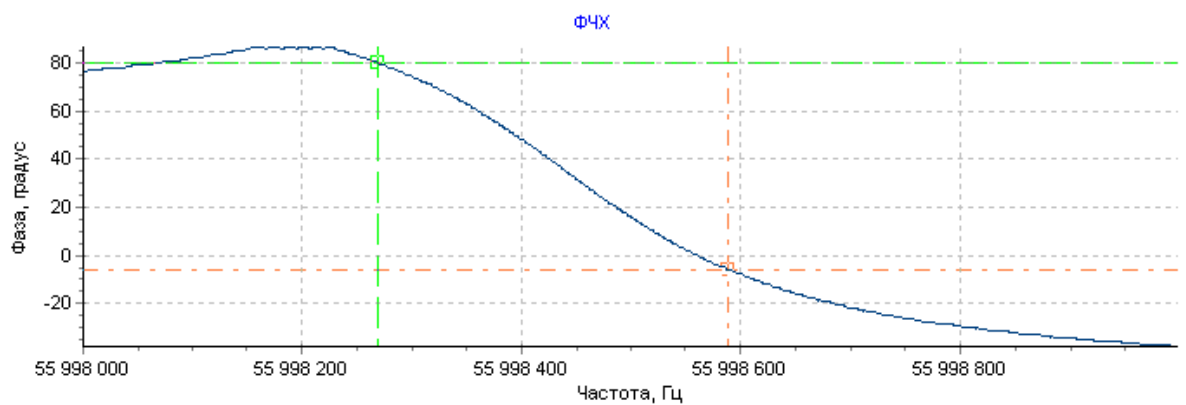


Рис. 11. Диапазон частот 55,998-55,999 МГц. ФЧХ гармонического кварцевого резонатора на 56 МГц. Третья гармоника основной моды.

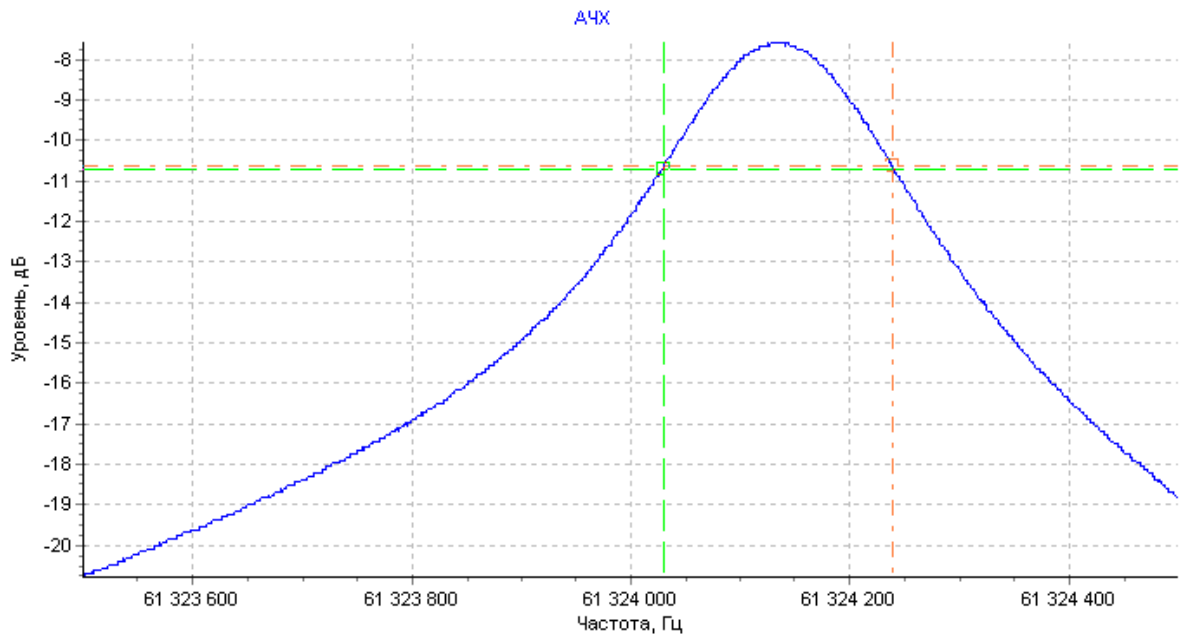


Рис. 12. Диапазон частот 61,3235-61,3245 МГц. АЧХ гармонического кварцевого резонатора на 56 МГц. Третья гармоника термомоды.

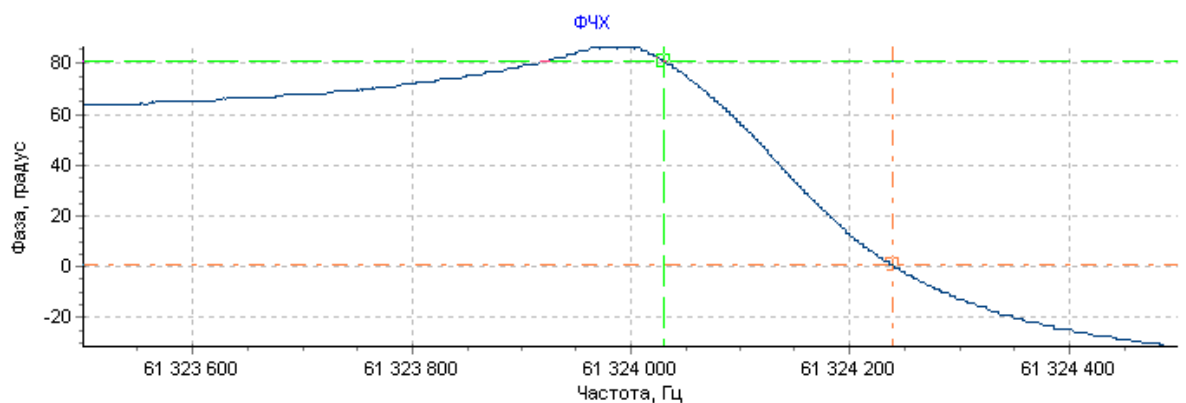


Рис. 13. Диапазон частот 61,3235-61,3245 МГц. ФЧХ гармонического кварцевого резонатора на 56 МГц. Третья гармоника термомоды.