

## Кварцевый генератор дециметровых волн

*А.Н. Зикий<sup>1</sup>, В.С. Ивлев<sup>2</sup>, А.С. Кочубей<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону*

<sup>2</sup>*Таганрогский научно-исследовательский институт связи*

**Аннотация:** Проведено экспериментальное исследование кварцевого генератора типа ГК380-П-7ВС-450М-3,3 с. Дано описание схемы и конструкции. Приведены результаты эксперимента, в том числе выбег частоты, зависимость частоты от напряжения питания, спектры выходного сигнала для трёх разных полос обзора. Получены следующие параметры выходного сигнала: рабочая частота 450 МГц, амплитуда синусоидального сигнала 210 мВ, выбег частоты за 20 минут 550 Гц, нестабильность частоты при изменении напряжения питания 230 Гц, подавление второй и третьей гармоники не менее 30 дБ.

**Ключевые слова:** кварцевый генератор, нестабильность частоты, выбег частоты, амплитуда синусоидального сигнала, спектр выходного сигнала.

### Введение

Кварцевые генераторы (КГ) занимают важное место среди генераторной продукции. Их описанию и исследованию посвящено значительное число работ.

В источнике [1] рассмотрены все группы кварцевых генераторов, а наибольшее внимание уделено КГ с термокомпенсацией. Во [2] исследованы только гармониковые КГ. В [3] наибольшее внимание уделено экспериментальному исследованию КГ. В [4] изложены основы проектирования КГ и генераторов на поверхностных акустических волнах. В работах [5, 6] исследованы пьезоэлектрические генераторы применительно к диагностике системы водоснабжения. В работах [7, 8] представлена продукция двух отечественных производителей КГ, а в работах [9, 10] описаны КГ двух зарубежных производителей.

Объектом исследования в данной работе является генератор производства АО «Завод Метеор» типа ГК380-П-7ВС-450М-3,3С [7].

Целью работы является измерение основных параметров и характеристик, в том числе:

- выбега частоты;
- зависимости частоты от напряжения питания;
- ширины спектральной линии;
- паразитных колебаний КГ.

### Схема и конструкция

На рис. 1 приведена принципиальная схема исследуемого макета. Она соответствует рекомендациям производителя. Кварцевый генератор ГК380 представляет собой автогенератор с резонатором на обратной мезаструктуре, при этом резонатор возбуждается на частоте 112,5 МГц. За кварцевым генератором следует умножитель частоты на 4. Макет генератора собран на печатной плате из фольгированного стеклотекстолита размером 30x50x1,5 мм.

В качестве выходного соединителя используется гнездо типа SMA-F. Питание подаётся на микросхему с помощью штекселей Ш4,0. Использовано 2 конденсатора типа К10-17А-Н90.

В качестве нагрузки применён резистор С2-33-0,125-51 Ом  $\pm$  5%.

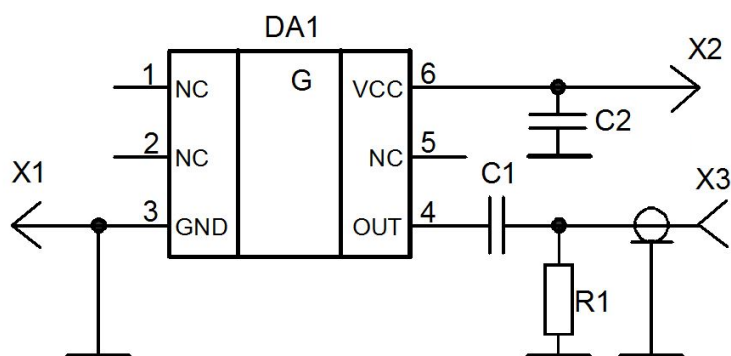


Рис.1 – Принципиальная схема исследуемого макета

### Эксперимент

Для проведения эксперимента была собрана установка, структурная схема которой приведена на рис. 2.

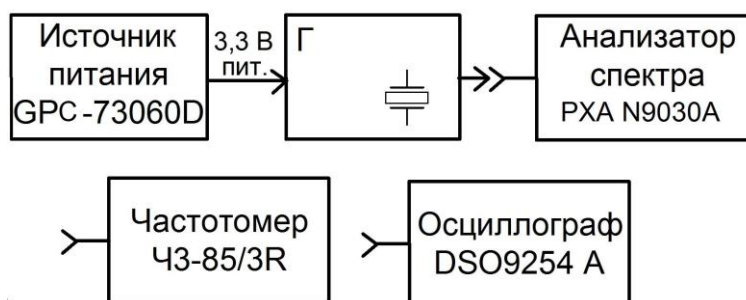


Рис.2. – Структурная схема измерительной установки

На данной установке был выполнен ряд экспериментов. Так, в первом эксперименте исследован выбег частоты. Результаты измерений в течение двадцати минут работы генератора с шагом 2 минуты представлены в таблице 1. По полученным данным построен график на рис. 3. Из него видно, что выбег частоты составил 550 Гц за 20 минут после включения.

Во втором эксперименте проанализировано влияние напряжения питания на частоту выходного сигнала генератора. Было установлено, что нестабильность частоты при изменении напряжения питания  $\pm 10\%$  может составлять 210 Гц. Приведённый вывод хорошо иллюстрируют таблица 2 и рис.4.

В третьем эксперименте была получена осциллограмма выходного сигнала генератора, скриншот экрана осциллографа представлен на рис. 5.

В четвёртом эксперименте при помощи анализатора спектра оценивался спектр выходного сигнала генератора. На спектре сигнала в ближней зоне (полоса обзора 1 ГГц) хорошо видна спектральная составляющая на основной частоте с уровнем минус 4,16 дБм. Спектрограмму сигнала в ближней зоне можно увидеть на рис. 6. Получена спектрограмма, изображённая на рисунке 7, в дальней зоне (полоса обзора 1,4 ГГц). Вместе с составляющей на основной частоте здесь имеются 2 гармоники с частотами 901 и 1349 МГц и уровнями минус 35,5 и минус 38,4 дБм соответственно. Рисунок 8 позволяет оценить ширину спектральной линии.

Таблица № 1

Выбег частоты

Время, мин	Частота, МГц
0	450.00749
1	450.00722
2	450.00710
3	450.00704
4	450.00698
5	450.00701
6	450.00698
7	450.00701
8	450.00698
9	450.00695
10	450.00698
11	450.00695
12	450.00698
13	450.00695
14	450.00695
15	450.00695
16	450.00695
17	450.00695
18	450.00695
19	450.00695
20	450.00695

Таблица № 2

Зависимость частоты от напряжения питания

Напряжение питания, В	Частота, МГц
3.0	450.00692
3.1	450.00695
3.2	450.00699
3.3	450.00703
3.4	450.00707
3.5	450.00710
3.6	450.00713

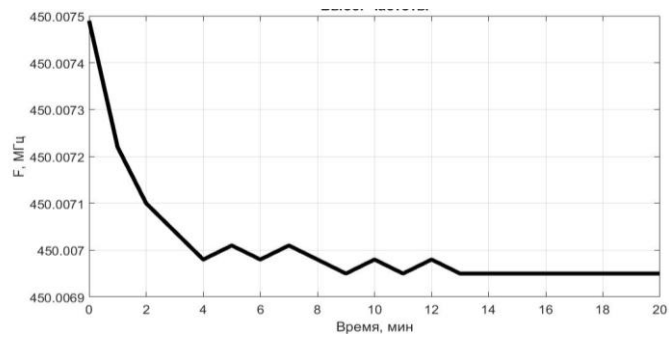


Рис.3 – Выбег частоты

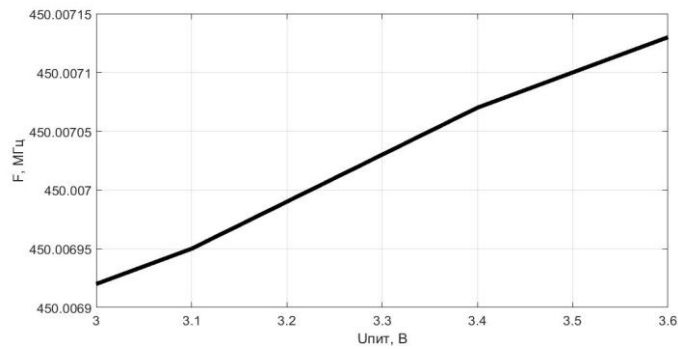


Рис.4 – Зависимость частоты от напряжения питания

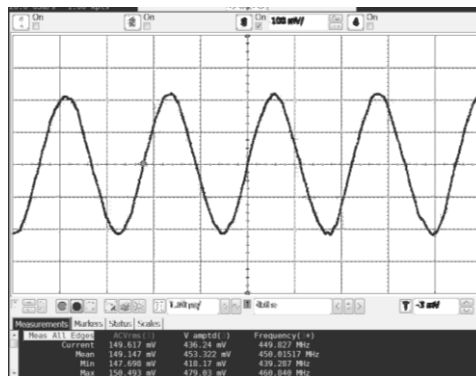


Рис.5 – Осциллограмма выходного сигнала КГ

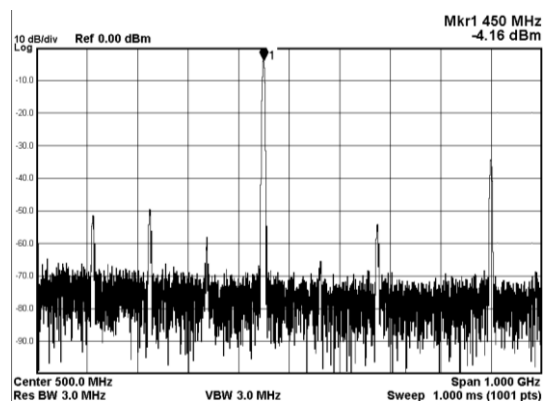


Рис.6 – Спектр выходного сигнала КГ при полосе обзора 1 ГГц

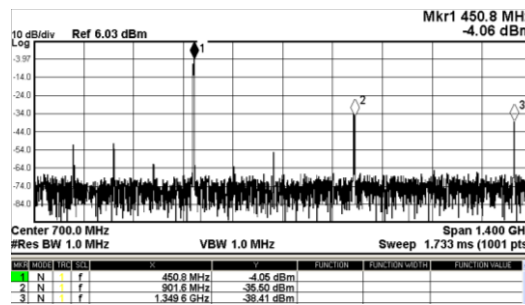


Рис.7 – Спектр выходного сигнала КГ при полосе обзора 1400 МГц

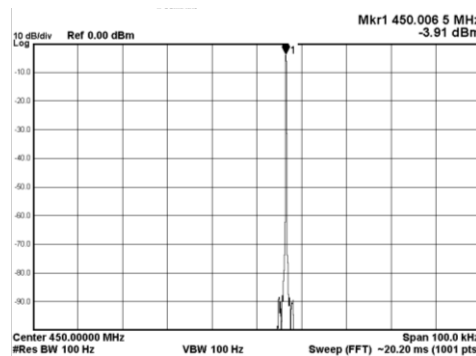


Рис.8. – Спектр выходного сигнала при полосе обзора 100 кГц

### Выводы

Ниже в таблицу 3 сведены заданные и достигнутые параметры генератора.

Таблица № 3

#### Основные параметры КГ

Наименование параметра, размерность	Задано	Измерено
Номинальная частота КГ, МГц	450	450,007
Время установления частоты КГ, мин	–	13
Нестабильность частоты КГ от напряжения питания, Гц	–	230
Выбег частоты КГ за 20 мин, Гц	–	550
Точность настройки КГ	–	$1,22 \cdot 10^{-6}$
Форма выходного сигнала	sin	sin
Ширина спектра сигнала на уровне минус 30 дБ от максимума не более, кГц	–	1
Амплитуда выходного sin сигнала, В на нагрузке 50 Ом	0,8	0,21
Напряжение питания, В	$3,3 \pm 10 \%$	$3,3 \pm 10 \%$
Ток потребления не более, мА	80	70
Подавление второй гармоники основной частоты КГ по отношению к первой гармонике, дБ	30	30
Подавление третьей гармоники основной частоты КГ по отношению к первой гармонике, дБ	30	34

Из этой таблицы видно, что не выполняется одно требование к КГ – амплитуда выходного сигнала.

### Литература

1. Альтшуллер Г.Б., Елфимов Н.Н., Шакулин В.Г. Кварцевые генераторы. Справочное пособие. – М.: Радио и связь, 1984. – 232 с.
  2. Плонский А.Ф., Медведев В.А., Якубец-Якубчик Л.Л. Транзисторные автогенераторы метровых волн, стабилизированные на механических гармониках кварца. – М.: Связь, 1969. – 208 с.
  3. Зикий А.Н., Помазанов А.В. Устройства телекоммуникационных систем. Кварцевые генераторы. Учебное пособие. Ростов-на-Дону – Таганрог, Издательство ЮФУ, 2018. – 129 с.
  4. Иванова И.Н., Махно В.В., Нойкин Ю.М. Высокостабильные генераторы СВЧ. Учебное пособие. Под ред. А.М. Лерера. Ростов-на-Дону – Таганрог, Издательство ЮФУ. 2018. – 102 с.
  5. Сапронов А.А., Зибров В.А. Электродинамическое моделирования пьезоэлектрического датчика для мониторинга магистральных водопроводных сетей // Инженерный вестник Дона, 2012, №4 (Часть 2). URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2012/1431/](http://ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2012/1431/).
  6. Зибров В.А., Тряпичкин С.А., Соколовская О.В. Пьезогенератор в устройстве структурного мониторинга водопроводных сетей. // Инженерный вестник Дона, 2013, №4. URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/1991/](http://ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/1991/).
  7. Каталог завода «Метеор». Стратегия повышенной надёжности. Волжский, АО «Завод Метеор», 2020. – 84 с.
  8. Кварцевые генераторы, фильтры, резонаторы, кристаллические элементы. Каталог ОАО «Морион». – Санкт-Петербург, 2015. – 137 с.
  9. Kurze Quarzoszillatoren. Daten/praise 1985. Spezial – Electronic. – 8p.
  10. The cristalmaster. Product Catalog 1995/1996. Seiko Epson corp. – 63 p.
-

## References

1. Al'tshuller G.B., Yelfimov N.N., Shakulin V.G. Kwartsevyye generatory. [Quartz Oscillators.] Spravochnoye posobiye. M.: Radio i svyaz', 1984. 232 p.
2. Plonskiy A.F., Medvedev V.A., Yakubets-Yakubchik L.L. Tranzistornyye avtogeneratory metrovykh voln, stabilizirovannyye na mekhanicheskikh garmonikakh kvartsa. [Transistor autogenerators of meter waves, stabilized on mechanical harmonics of quartz.] M.: Svyaz', 1969. 208 p.
3. Zikiy A.N., Pomazanov A.V. Ustroystva telekommunikatsionnykh sistem. Kwartsevyye generatory. [Devices of telecommunications systems. Quartz oscillators.] Uchebnoye posobiye. Rostov na Donu Taganrog, Izdatel'stvo YUFU, 2018. 129 p.
4. Ivanova I.N., Makhno V.V., Noykin YU.M. Vysokostabil'nyye generatory SVCH. [Highly stable microwave generators.] Uchebnoye posobiye. Pod red. A.M. Lerera. Rostov-na-Donu Taganrog, Izdatel'stvo YUFU. 2018. 102 p.
5. Sapronov A.A., Zibrov V.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2012, №4 (Part 2). URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2012/1431/](http://ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2012/1431/).
6. Zibrov V.A., Tryapichkin S.A., Sokolovskaya O.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2013, №4. URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/1991/](http://ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/1991/).
7. Katalog zavoda «Meteor». Strategiya povyshennoy nadezhnosti. [Catalog of the plant "Meteor". A strategy of increased reliability.] Volzhskiy, AO «Zavod Meteor», 2020. 84 p.
8. Kwartsevyye generatory, fil'try, rezonatory, kristallicheskiye elementy. [Quartz generators, filters, resonators, crystal elements.] Katalog OAO «Morion». Sankt Peterburg, 2015. 137 p.
9. Kurze Quarzoszillatoren. Daten praise 1985. Spezial Electronic. 8p.
10. The cristalmaster. Product Catalog 1995 1996. Seiko Epson corp. 63 p.