

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)

Кафедра телевидения и управления (ТУ)

ОТЧЕТ

по лабораторной работе № 2

Исследование автогенератора

с кварцевым резонатором

по дисциплине «Радиопередающие устройства»

Вариант 19

Цель работы

Цель работы: изучить транзисторный автогенератор с кварцем. Исследовать влияние параметров радиоэлементов на нестабильность частоты и на амплитуду выходного напряжения автогенератора.

Исследование влияния ёмкости

Схема электронной модели автогенератора с кварцевым резонатором приведена на рис. 1. Значения индуктивностей и емкостей схемы подобраны такими, чтобы схема была работоспособной.

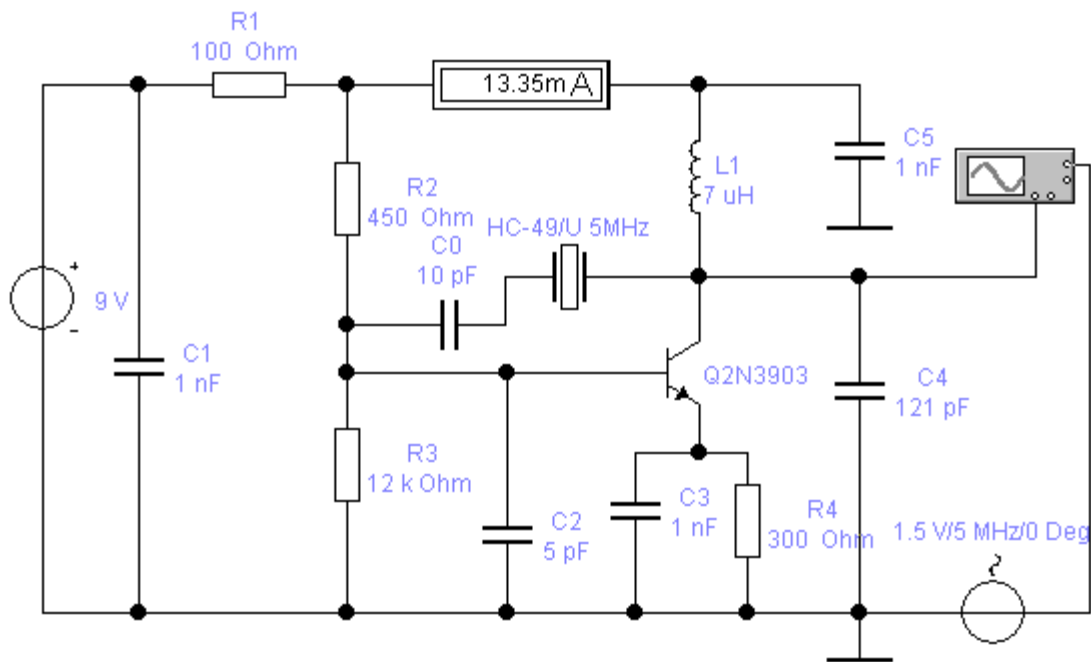


Рисунок 1 – Схема электронной модели автогенератора

Источник напряжения включен в цепь общей шины осциллографа из-за ограничений программы Electronics Workbench. Эпюры выходного напряжения автогенератора приведены на рис. 2.

Поскольку уход частоты небольшой, то производятся измерения не длительности периода выходного напряжения маркерами (рис. 2), а длительности периода огибающей высокочастотного сигнала, что позволяет повысить точность измерений (рис. 3).

Результаты исследований сведены в табл. 1. График зависимости построен на рис. 4.

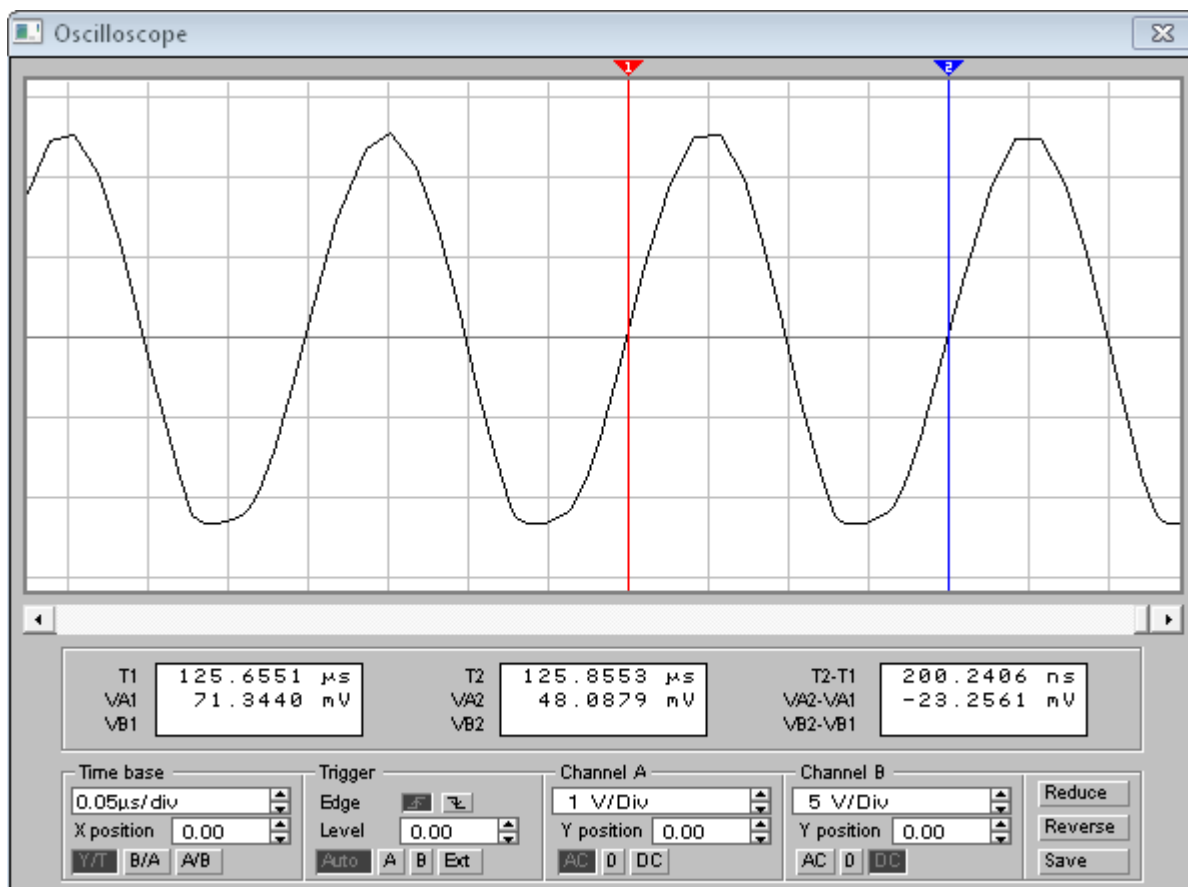


Рисунок 2 – Эпюры выходного напряжения автогенератора

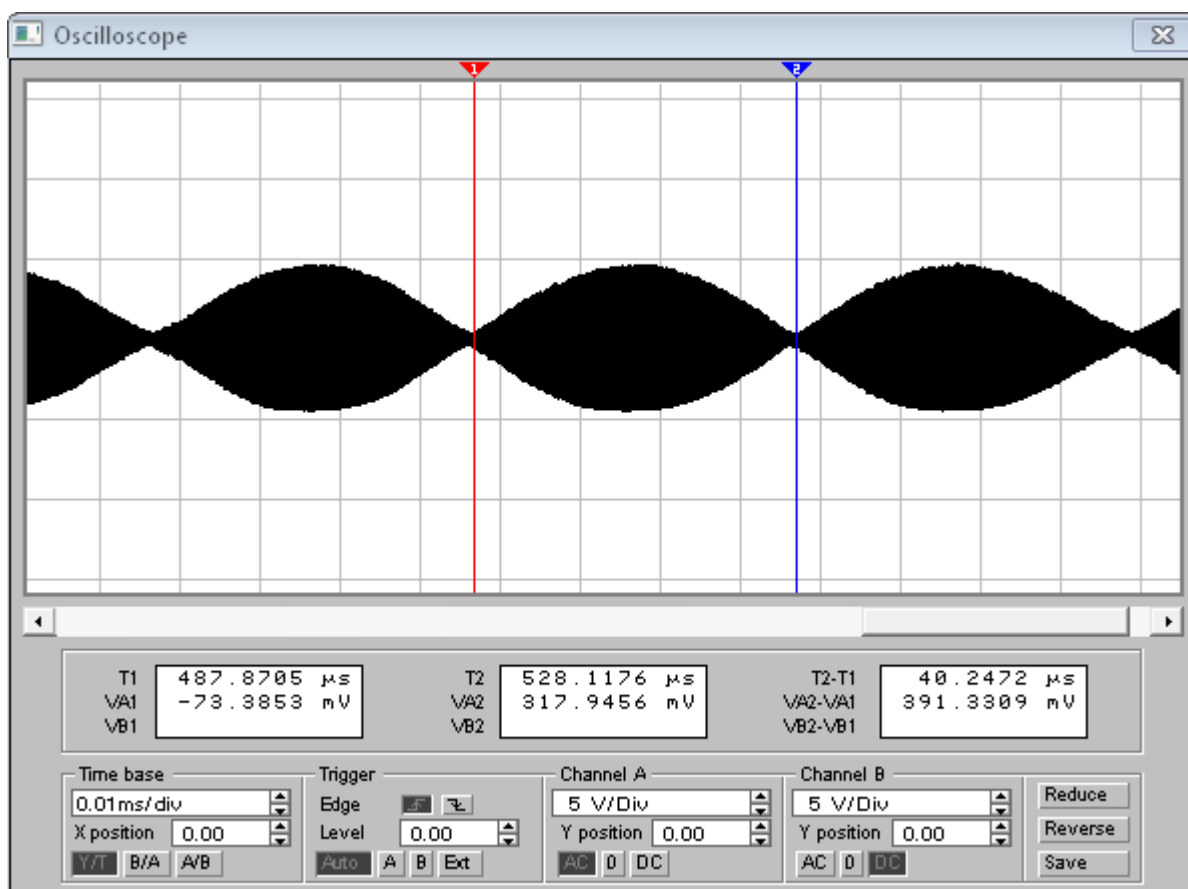


Рисунок 3 – Измерение периода огибающей высокочастотного сигнала

Таблица 1 – Зависимость частоты автогенератора от конденсатора

Значение C_4 , пФ	f , МГц	Δf , МГц
116	5,074	0,074
117	5,056	0,056
118	5,040	0,040
119	5,026	0,026
120	5,010	0,010
121	5	0
122	4,980	-0,020
123	4,964	-0,036
124	4,950	-0,050
125	4,936	-0,064
126	4,920	-0,080

Максимальный относительный уход частоты равен:

$$\delta_{\max} = \frac{\Delta f_{\max}}{f_2} = \frac{0,080}{5} = 0,016.$$

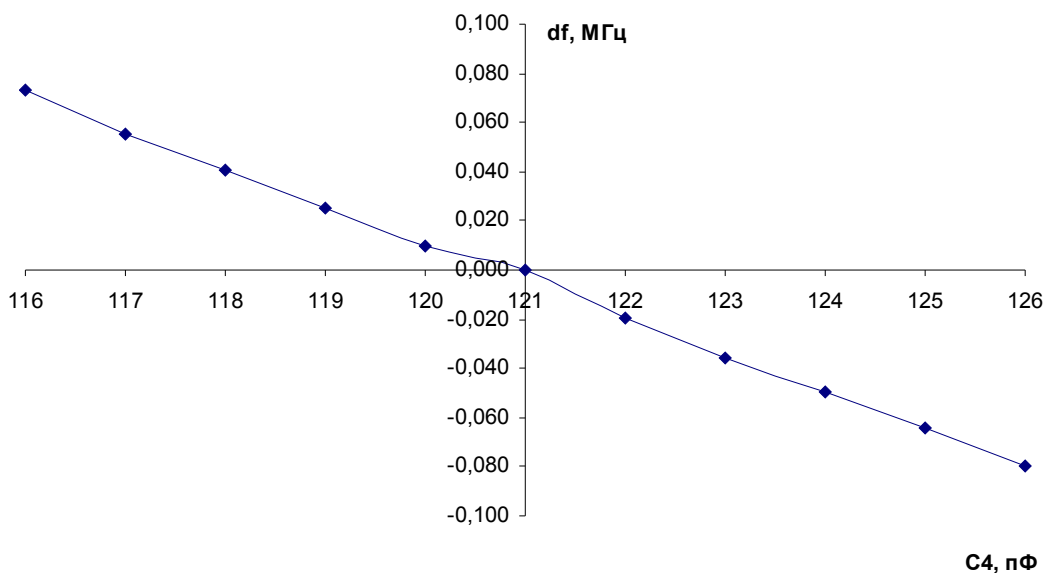


Рисунок 4 – График зависимости $\Delta f = f(C_4)$

Исследование влияния индуктивности

Результаты исследований сведены в табл. 2. Графики зависимостей построены на рис. 5 и 6.

Таблица 2 – Зависимость частоты и значения тока коллектора от величины индуктивности

Значение L_1 , мкГн	f , МГц	Δf , МГц	I_{K0} , мА
6,75	5,084	0,084	13,35
6,80	5,069	0,069	13,35
6,85	5,051	0,051	13,35
6,90	5,030	0,030	13,35
6,95	5,012	0,012	13,35
7	5	0	13,35
7,05	4,979	-0,021	13,35
7,10	4,961	-0,039	13,35
7,15	4,944	-0,056	13,35
7,20	4,928	-0,072	13,35
7,25	4,908	-0,092	13,35

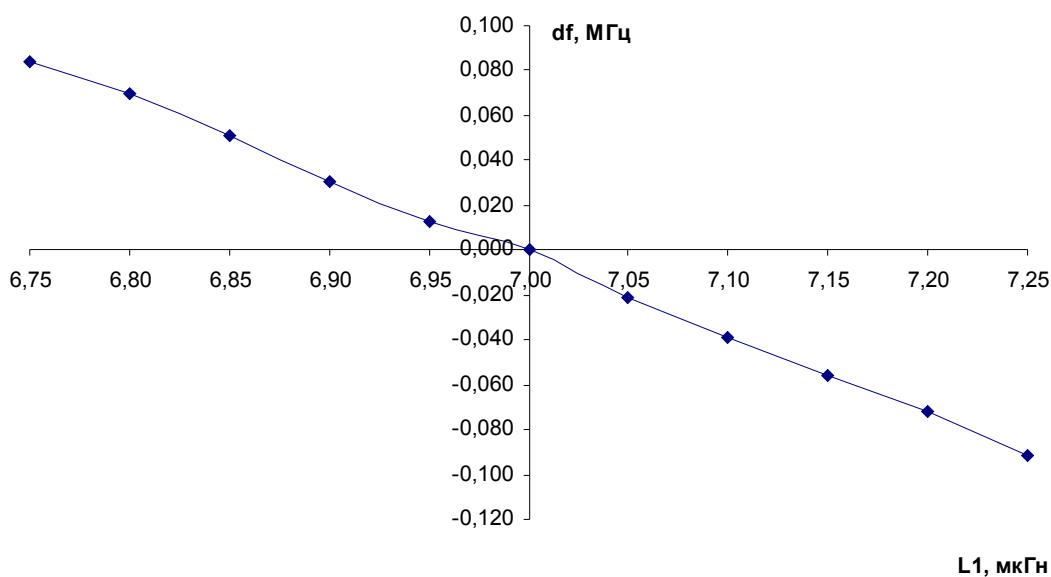


Рисунок 5 – График зависимости $\Delta f = f(L_1)$

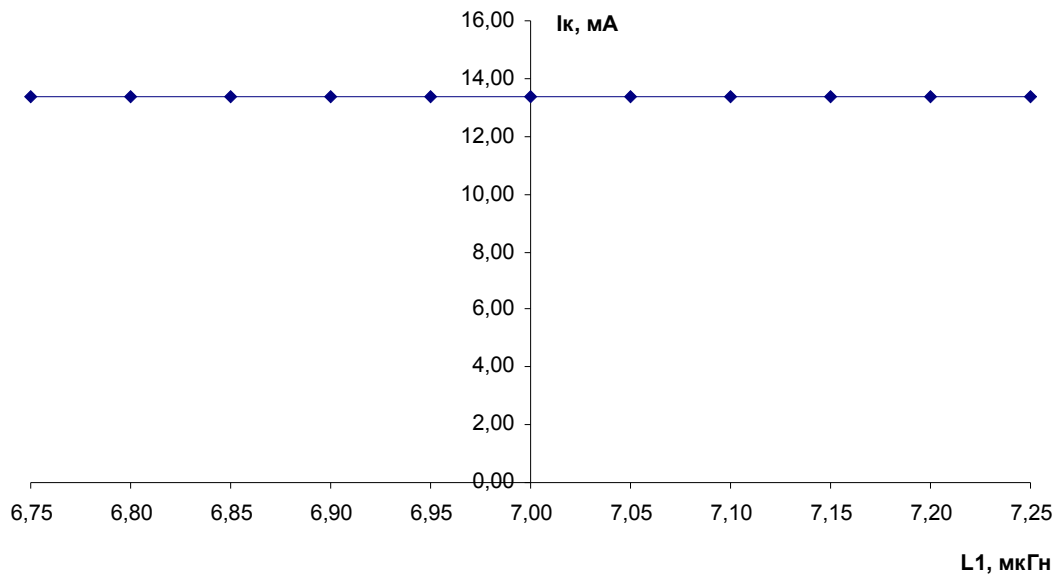


Рисунок 6 – График зависимости $I_{к0} = f(L_1)$

Максимальный относительный уход частоты равен:

$$\delta_{\max} = \frac{\Delta f_{\max}}{f_2} = \frac{0,092}{5} = 0,018.$$

Выводы

В ходе выполнения лабораторной работы исследовано влияние индуктивности и ёмкости на частоту автогенератора с кварцевым резонатором.

В работе исследован автогенератор, выполненный по осцилляторной схеме. В этой схеме кварц имеет индуктивную проводимость. Автогенератор собран по схеме емкостной трёхточки.

Установлено, что с ростом ёмкости или индуктивности частота кварцевого автогенератора снижается, и наоборот.

При этом изменение индуктивности влияет на частоту в большей степени. В случае изменения ёмкости на 5 пФ (4,2%) частота автогенератора изменяется на 1,6%, а при изменении индуктивности на 0,25 мкГн (3,6%) частота автогенератора изменяется на 1,8%.

Таким образом, подтверждаются сведения из теории, что резонансная частота обратно пропорциональна значению индуктивности и ёмкости, и равна

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}.$$

Ток коллектора транзистора не зависит от параметров реактивных элементов и составляет 13,35 мА, поскольку режим по постоянному току определяется значением резисторов цепи смещения.

Ответы на контрольные вопросы

1. Какие физические свойства кварца позволяют использовать его для создания высокостабильной колебательной системы?

Кварц ведёт себя как механический элемент со своей резонансной частотой. Пьезоэлектрический эффект позволяет преобразовывать механические колебания в электрические и наоборот, поэтому оказывается возможным непосредственное включение кварца в электрические цепи, в которых он является механическим резонатором для электрических колебаний

2. Что представляет собой эквивалентная схема кварцевого резонатора и что отображают отдельные элементы этой схемы?

Электрический эквивалент кварца представлен на рисунке 7.

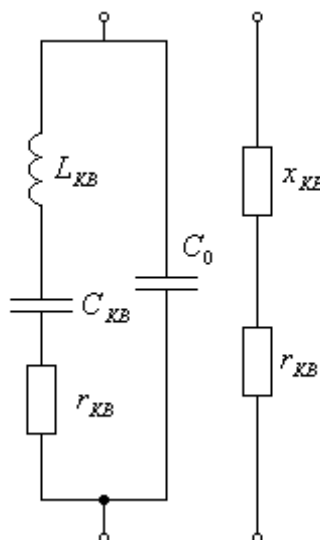


Рисунок 7 – Электрический эквивалент кварца

Здесь L_{KB} и C_{KB} – аналоги колеблющейся массы пластины и величины, обратной модулю упругости.

r_{KB} – учитывает потери на трение в колеблющейся пластине и потери при преобразовании механических колебаний в электрические.

Между обкладками резонатора существует емкость C_0 , зависящая от конструкции держателя и от диэлектрической проницаемости кварца.

3. Какова зависимость реактивного сопротивления кварца X_{KB} от частоты?

Зависимость реактивного сопротивления от частоты показана на рисунке 8. Между частотами f_1 и f_0 индуктивное сопротивление резонатора ωL_{KB} изменяется от нуля до большой величины, в то время как частота меняется в узких пределах (менее 0,4%).

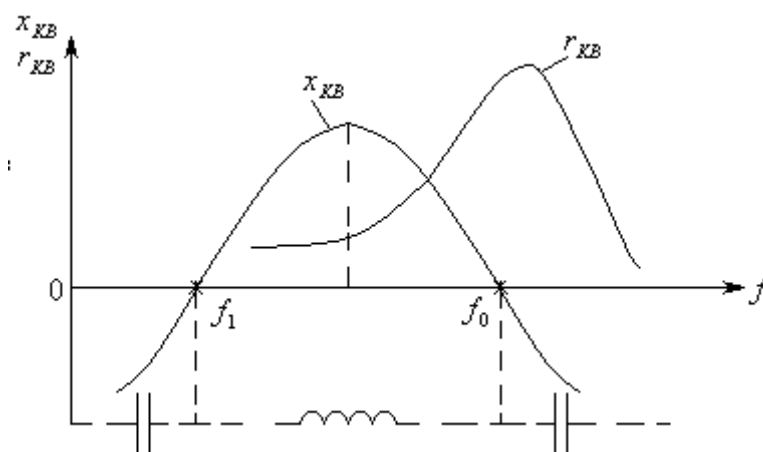


Рисунок 8 – Зависимости реактивного и активного сопротивлений кварцевого резонатора от частоты

4. Чем определяется стабилизирующее действие кварцевого резонатора на частоту автогенератора?

Стабилизирующее действие кварцевого резонатора определяется его высокой добротностью, которая во много раз превышает добротность прочих колебательных систем и составляет $Q_{KB} = 10^4 - 10^6$.

5. К какой эквивалентной трёхточке сводится схема исследуемого автогенератора?

Исследуемый автогенератор выполнен по схеме емкостной трёхточки. Кварцевый резонатор выполняет роль индуктивности в трёхточке, а роль емкостей выполняют конденсаторы C_2 и C_4 .

6. Какое достоинство имеет схема кварцевого автогенератора?

Основное достоинство кварцевого автогенератора — высокая стабильность частоты.

Список использованных источников

1. Бордус А. Д. Устройства генерирования и формирования сигналов : методические указания по выполнению лабораторных работ для студентов направления подготовки 11.03.01 «Радиотехника» и 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» (уровень бакалавриата) / А. Д. Бордус. – Томск : ФДО, ТУСУР, 2018. – 38 с.
2. Бордус А. Д. Устройства генерирования и формирования сигналов : учебное пособие / А. Д. Бордус. – Томск : ФДО, ТУСУР, 2018. – 261 с.