

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
МОСКОВСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ СВЯЗИ И ИНФОРМАТИКИ
КАФЕДРА РАДИООБОРУДОВАНИЯ И СХЕМОТЕХНИКИ

ПРИЛОЖЕНИЕ
к сборнику описаний лабораторных работ

РАДИОПЕРЕДАТЧИКИ

ЧАСТЬ 3

ОСНОВЫ УСТРОЙСТВ ГЕНЕРИРОВАНИЯ И ФОРМИРОВАНИЯ РАДИОСИГНАЛОВ

Лабораторная работа №14

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕСТАБИЛЬНОСТИ ЧАСТОТЫ

ТРЕХТОЧЕЧНЫХ АВТОГЕНЕРАТОРОВ

С LC-КОНТУРОМ И С КВАРЦЕВЫМ РЕЗОНАТОРОМ

Москва 2014

ПРИЛОЖЕНИЕ к сборнику описаний лабораторных работ «РАДИОПЕРЕДАТЧИКИ
ЧАСТЬ 3 — ОСНОВЫ УСТРОЙСТВ ГЕНЕРИРОВАНИЯ И ФОРМИРОВАНИЯ
РАДИОСИГНАЛОВ»

Лабораторная работа №14

«ИССЛЕДОВАНИЕ НЕСТАБИЛЬНОСТИ ЧАСТОТЫ ТРЕХТОЧЕЧНЫХ
АВТОГЕНЕРАТОРОВ С LC-КОНТУРОМ И С КВАРЦЕВЫМ РЕЗОНАТОРОМ»

Составитель: Р.Ю. Иванюшкин, к.т.н., доцент.

При подготовке описания использована техническая документация, предоставленная производителем лабораторного оборудования – Центром "Учебная техника в телекоммуникациях" при Санкт-Петербургском Государственном Университете Телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича.

**ВНИМАНИЕ !!! СОБЛЮДЕНИЕ ДЕЙСТВУЮЩИХ В УЧЕБНЫХ
ЛАБОРАТОРИЯХ РПДУ МТУСИ ПРАВИЛ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЯЗАТЕЛЬНО !!!**

Действующие в учебных лабораториях РПДУ МТУСИ Правила безопасности, студенты изучают на первом занятии в лаборатории при вводном инструктаже. Работать в лаборатории без изучения этих правил и соответствующего оформления запрещается!!! Требуется строжайшая сознательная дисциплина, как общая, так и в части соблюдения правил безопасности.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Лабораторная работа №14 относится к общему циклу лабораторных работ по группам дисциплин «Радиопередающие устройства», «Основы генерирования и формирования радиосигналов», «Устройства генерирования и формирования радиосигналов», выполняемых студентами направлений «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» (профили подготовки «Системы мобильной связи», «Цифровое телерадиовещание», «Системы радиосвязи и радиодоступа»), «Радиотехника (профиль подготовки «Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов»), а также специальности «Информационная безопасность телекоммуникационных систем».

Количество лабораторных работ и порядок их выполнения определяется графиком лабораторных занятий, который составляется в соответствии с действующей учебной программой и вывешивается не позднее, чем на неделю, предшествующей началу занятий в лаборатории.

К очередной лабораторной работе допускаются студенты, продемонстрировавшие должную степень подготовки и успешно защитившие предшествующие лабораторные работы.

ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА

Учебный лабораторный стенд "Устройства генерирования и формирования сигналов" разработан Центром "Учебная техника в телекоммуникациях" при Санкт-Петербургском Государственном Университете Телекоммуникаций им проф. М.А. Бонч-Бруевича при участии кафедры Радиопередающих устройств МТУСИ. Лабораторный стенд содержит комплекс измерительной аппаратуры и сменные блоки - макеты, позволяющие выполнять несколько лабораторных работ.

Лицевая сторона установки имеет три панели, две из которых (левая и правая) являются стационарными и содержат набор измерительных приборов, а средняя панель вместе с установленными на ней элементами и платами (именуемая сменным блоком) является съемной и представляет собой лабораторный макет, соответствующий определенной лабораторной работе. Содержание выполняемой лабораторной работы определяется видом установленного сменного блока.

Описание левой и правой панелей лабораторного стенда, а также описания встроенных в стенд измерительных приборов приводятся в основных методических указаниях по части 3-ей лабораторного практикума [4].

Дополнительно для проведения лабораторных работ необходимы внешние измерительные приборы:

осциллограф ОСУ-2 или аналогичный;

радиочастотный вольтметр ВЗ-39 или аналогичный.

ВНИМАНИЕ: для выполнения лабораторной работы № 14 в лабораторный стенд должен быть установлен сменный блок «АВТОГЕНЕРАТОРЫ И УМНОЖИТЕЛИ ЧАСТОТЫ»!

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучить условия самовозбуждения, принцип работы, простейшие принципиальные схемы трехточечных автогенераторов на биполярном транзисторе с LC-контуром и с кварцевым резонатором (по схеме «кварц в роли индуктивности»), а также причины нестабильности частоты генерируемых автоколебаний и способы противодействия им. Исследовать экспериментально, оценить и сравнить количественно нестабильность частоты трехточечных автогенераторов с LC-контуром и с кварцевым резонатором, возникающую при воздействии таких дестабилизирующих факторов, как изменение температуры окружающей среды и изменение напряжения питания.

ВОПРОСЫ ДИСЦИПЛИНЫ, ИЗУЧАЕМЫЕ ПЕРЕД ВЫПОЛНЕНИЕМ РАБОТЫ

1. Условия самовозбуждения автогенератора.
2. Транзисторные трехточечные автогенераторы с LC-контуром.
3. Транзисторные трехточечные кварцевые автогенераторы.
4. Факторы, определяющие нестабильность частоты автогенератора.
5. Меры противодействия дестабилизирующим факторам; меры снижения нестабильности частоты автогенератора.

Ссылки на рекомендуемую литературу для самоподготовки приведены ниже в методических указаниях.

ЗАДАНИЕ

ПРИ ДОМАШНЕЙ ПОДГОТОВКЕ:

1. Изучить условия самовозбуждения автоколебаний и принцип действия автогенератора.
2. Изучить простейшую принципиальную схему трехточечного автогенератора на биполярном транзисторе.
3. Изучить факторы, определяющие частоту генерируемых автоколебаний, а также количественные меры оценки нестабильности частоты автогенератора.
4. Изучить влияние изменений величин питающего напряжения и температуры окружающей среды на частоту генерируемых автоколебаний, а также способы противодействия этому влиянию.
5. Изучить основные свойства и эквивалентную схему кварцевого резонатора, способы его включения в схему трехточечного автогенератора, а также причины меньшей нестабильности частоты кварцевого автогенератора, по сравнению с автогенератором на основе LC-контра.
6. Ознакомиться с устройством сменного блока (лабораторного макета).

ПРИ РАБОТЕ В ЛАБОРАТОРИИ:

7. Измерить генерируемые частоты автогенераторов с LC-контуром и с кварцевым резонатором при начальных условиях (комнатная температура и номинальное напряжение питания).
8. Измерить отклонение частот генерируемых колебаний автогенераторов с LC-контуром и с кварцевым резонатором при увеличении температуры (при прогреве термостата). Рассчитать относительную нестабильность частоты исследуемых автогенераторов, а также их температурный коэффициент частоты (ТКЧ).
9. Измерить отклонение частот генерируемых колебаний автогенераторов с LC-контуром и с кварцевым резонатором при изменениях величины напряжения питания. Рассчитать относительную нестабильность частоты исследуемых автогенераторов, а также относительное изменение их частот при изменении напряжения питания на 1 В.

ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО МАКЕТА (СМЕННОГО БЛОКА)

Сменный блок «Автогенераторы и умножители частоты» включает в себя два автогенератора, два резонансных умножителя частоты, вспомогательные резонансные усилители и эмиттерные повторители, регулируемые источники питания и смещения, а также термостат, обеспечивающий требуемый стабильный температурный режим исследуемых автогенераторов.

Оба исследуемых автогенератора построены на основе емкостной трехточки отличаются друг от друга только реализацией их колебательной системы. Колебательная система первого автогенератора (см. эквивалентную схему на рис. 1.а.) включает три LC элемента: контурные индуктивность L_k и емкость C_k , а также емкость обратной связи $C_{ос}$. Колебательная система второго автогенератора (см. эквивалентную схему на рис. 1.б.) отличается от первого тем, что вместо контурной индуктивности L_k включен кварцевый резонатор Q .

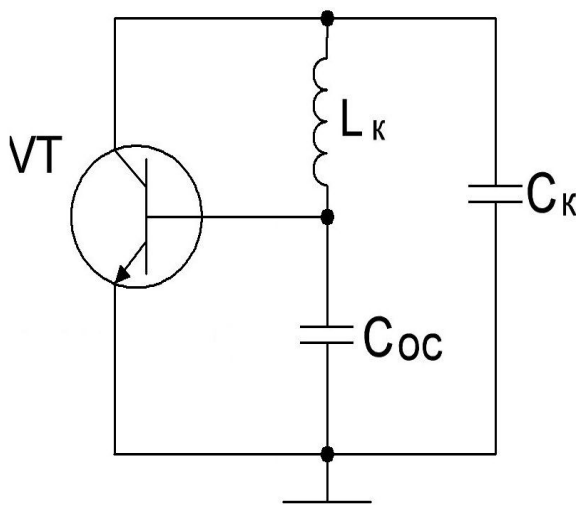


Рис. 1.а.

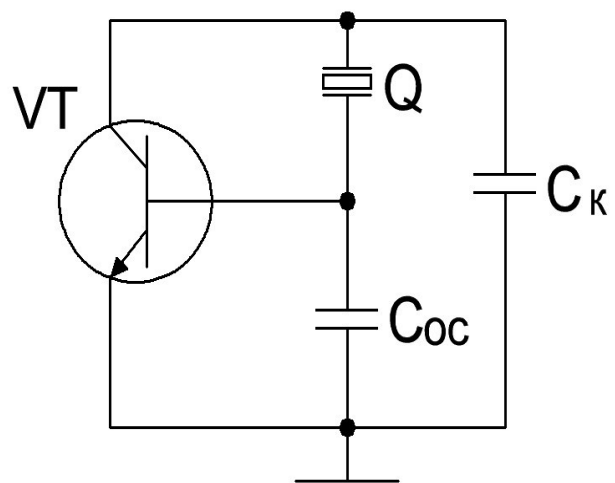


Рис. 1.б.

Эквивалентные трехточечные схемы исследуемых автогенераторов.

Обе колебательные системы исследуемых автогенераторов настроены на частоту ≈ 500 кГц. Резонансная частота кварцевого резонатора Q равно 500 кГц. Напряжение питания E_p обоих автогенераторов создается стабилизированным регулируемым источником питания, величина которого регулируется ручкой «Регулировка $U_{пит}$ », расположенной на панели сменного блока. Напряжение питания также выведено на контрольные гнезда КТ1, для подключения встроенного или внешнего вольтметра, необходимого для его измерения. Оба исследуемых автогенератора нагружены на двухкаскадные буферные усилители на биполярных транзисторах, первый каскад которых выполнен по резонансной схеме с общим эмиттером, а второй — в виде апериодического эмиттерного повторителя. Выходы эмиттерных повторителей каждого буферного усилителя соединены с контрольными гнездами КТ2 и КТ3 сменного блока. К этим гнездам осуществляется подключение внешних измерительных приборов (осциллографа, частотомера и т. п.)

Внешний вид сменного блока приведен на рис. 2.

В состав сменного блока входят также два резонансных умножителя частоты. Первый из них работает в режиме удвоения, а второй в режиме утроения частоты. На выходе каждого из умножительных каскадов включены дополнительные буферные каскады в виде эмиттерных повторителей. Входы умножительных каскадов выведены на контрольные гнезда КТ4 и КТ5, а выходы буферных каскадов — на гнезда КТ7 и КТ8.

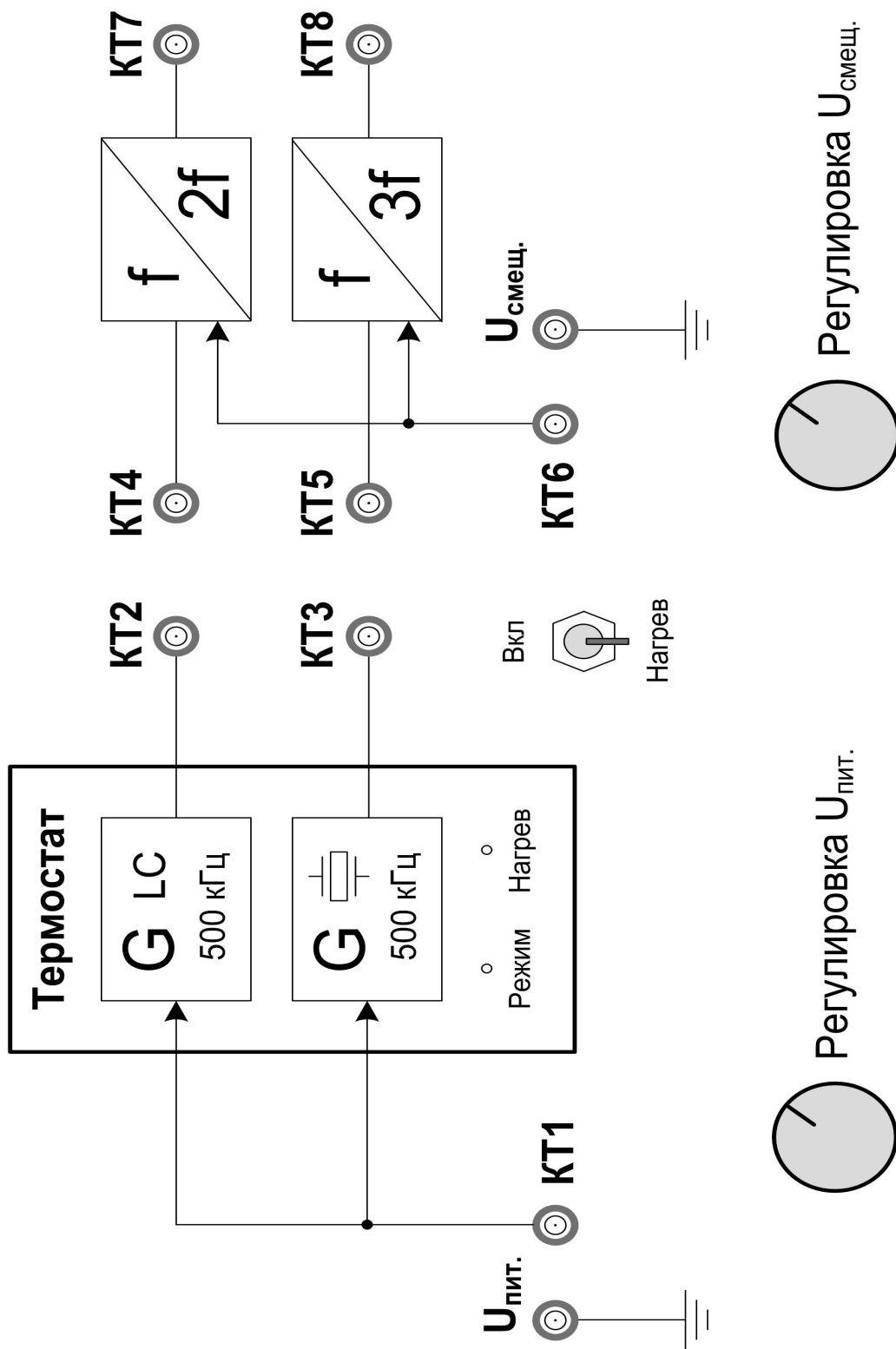


Рис. 2. Сменный блок «Автогенераторы и умножители частоты»

С целью регулировки угла отсечки каскадов резонансного умножения частоты предусмотрено управление напряжением смещения Есм. Это осуществляется ручкой «Регулировка Усмещ», расположенной на панели сменного блока. Напряжение смещения умножителей также выведено на контрольные гнезда КТ6, для подключения встроенного или внешнего вольтметра, необходимого для его измерения.

МЕТОДИКА И ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

ПРИ ДОМАШНЕЙ ПОДГОТОВКЕ:

1. Изучение условий самовозбуждения и принципа действия автогенераторов следует проводить с помощью учебников [1] (стр. 225-232) и [2] (стр. 155-161). Также целесообразно пользоваться конспектом лекций.
2. Изучение простейших принципиальных схем трехточечных автогенераторов также следует проводить с помощью учебников [1] (стр. 237-239) и [2] (стр. 164-167) и конспекта лекций.
3. Изучение факторов, определяющих частоту автоколебаний и способов оценки нестабильности частоты также следует проводить с помощью учебников [1] (стр. 224, 232-235) и [2] (стр. 161-164, 168-170) и конспекта лекций.
4. Изучение влияния температуры окружающей среды и напряжения питания автогенератора на его частоту, а также способов противодействия этому влиянию также проводится с помощью учебников [1] (стр. 235-237) и [2] (стр. 171-173) и конспекта лекций.
5. Изучение кварцевых резонаторов, кварцевых автогенераторов и стабильности их частоты проводится с помощью учебников [1] (стр. 240-246) и [2] (стр. 173-183), а также конспекта лекций.
6. Ознакомление с лабораторным макетом (сменным блоком) проводится с помощью настоящего описания – см. выше.

ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ РАБОТЕ В ЛАБОРАТОРИИ:

ВНИМАНИЕ: Включать аппаратуру и приступать к экспериментальной работе можно только после получения разрешения ведущего занятия преподавателя!

Подготовка лабораторной установки к работе:

а) На контрольное гнездо КТ2 сменного лабораторного блока надеть коаксиальный тройник, к каждому из выходов которого подсоединить коаксиальные кабели с одинаковыми разъемами по каждому из концов. Второй конец одного из этих кабелей следует соединить с входом встроенного частотомера (правая панель лабораторного стенда). Второй конец другого кабеля следует соединить со входом «СН1» осциллографа ОСУ-20.

б) Кабелями с однополюсными наконечниками соединить контрольные гнезда КТ1 сменного блока с гнездами «СОМ» и «VΩ» встроенного тестера (правая панель лабораторного стенда). **ВНИМАНИЕ:** гнездо КТ1, обозначенное значком корпуса («земли») следует соединять с клеммой «СОМ», а второе гнездо КТ1 — с клеммой «VΩ» тестера!

в) На лабораторном макете (сменном блоке) установить ручку «Регулировка Упит» в среднее положение. В процессе выполнения лабораторной работы (за исключением пункта 9), это напряжение должно оставаться неизменным. Переключатель «Нагрев» должен быть установлен в нижнее (выключенное) положение.

г) На встроенном тестере (правая панель лабораторного стенда) следует повернуть ручку переключателя на предел измерения постоянного напряжения “20V=”.

д) На встроенном частотомере (правая панель лабораторного стенда) следует нажать кнопку «ВНЕС.».

е) Органы управления осциллографом ОСУ-20 выставить в следующие начальные положения:

1-й ряд сверху: все регулировочные ручки следует установить в средние положения;

2-й ряд сверху: переключатель Mode — в положение «CH1», кнопка NORM / INV — в ненажатом положении; кнопка X1 / X5 — в ненажатом положении; кнопка Slope — в нажатом положении; кнопка X1 / X10 — в ненажатом положении;

3-й ряд сверху: кнопка Cal / Var — в ненажатом положении; левый переключатель масштаба измерения по вертикали VOLTS / DIV (большая ручки) следует установить в положения «5», ориентируясь на шкалу, расположенную левее ручек (малую ручку следует установить в среднее положение); положения ручек правого переключателя VOLTS / DIV произвольное; переключатель Mode — в положении «Auto»; переключатель частоты горизонтальной развертки TIME / DIV следует установить в положение «1 us»;

4-й ряд сверху: левый переключателя AC / GND / DC следует установить в положение «AC» (положение правого переключателя произвольное); переключатель TRIGGER SOURCE следует установить в положение «CH1».

ж) Зафиксировать и записать в отчет комнатную температуру, если в лабораторном помещении имеется термометр. При отсутствии термометра комнатную температуру следует принять $t_{\text{ком}} = 25^{\circ}\text{C}$.

з) Получив разрешение ведущего занятия преподавателя, включить лабораторный стенд (клавиша «СЕТЬ» в правом нижнем углу лабораторного стенда), встроенный частотомер (правая панель лабораторного стенда), встроенный тестер (правая панель лабораторного стенда) а также осциллограф ОСУ-20. ВНИМАНИЕ: рубильники на силовом электрошите разрешается включать только преподавателю, инженеру или лаборанту!

7. Экспериментальное измерение частот, генерируемых исследуемыми автогенераторами при начальных (номинальных) условиях.

При правильном выполнении процедур подготовки и предварительной настройки лабораторного оборудования (см. выше), на экране осциллографа будет наблюдаться гармоническое колебание, генерируемое верхним исследуемым автогенератором с колебательным контуром на LC-элементах. Записать показания встроенного частотомера (правая панель лабораторного стенда). Это значение начальной частоты LC-автогенератора следует обозначить, как $f_{1\text{нач}}$.

Записать номинальное напряжение питания исследуемого автогенератора $E_{\text{пн}}$, которое измеряется встроенным тестером (правая панель лабораторного стенда).

Не нарушая соединений двух коаксиальных кабелей с коаксиальным тройником (установленным в контрольное гнездо КТ2 сменного блока), аккуратно отсоединить коаксиальный тройник от контрольного гнезда КТ2 и переставить его в контрольное гнездо КТ3. Убедиться, что на экране осциллографа снова наблюдается гармоническое колебание, генерируемое нижним исследуемым автогенератором с кварцевым резонатором. Записать показания встроенного частотомера (правая панель лабораторного стенда). Это значение начальной частоты кварцевого автогенератора следует обозначить, как $f_{2\text{нач}}$.

Вернуть коаксиальный тройник в первоначальное положение (контрольное гнездо КТ2).

8. Экспериментальное исследование температурной зависимости частоты автогенераторов.

Установить на сменном блоке переключатель «Нагрев» в верхнее положение «Вкл». При этом на сменном блоке должен загореться светодиод «Нагрев». Наблюдать за показаниями встроенного частотомера (правая панель лабораторного стенда), а также за наблюдаемой осциллограммой генерируемого колебания, до того момента, пока

светодиод «Нагрев» не погаснет, и не загорится светодиод «Режим». При этом устанавливается номинальная температура термостата (в котором находятся оба исследуемых автогенератора), равная $t_{\text{ТЕРМ}} = 60^{\circ}\text{C}$. Сформулировать и записать вывод о том, как изменяется частота автогенератора с колебательным контуром на LC-элементах в процессе нагрева термостата.

Записать показания встроенного частотомера. Это значение номинальной частоты LC-автогенератора следует обозначить, как $f_{1\text{ТЕРМ}}$.

Аккуратно переставить коаксиальный тройник (не нарушая его соединений с внешними коаксиальными кабелями) из контрольного гнезда КТ2 в контрольное гнездо КТ3. Убедиться, что на экране осциллографа наблюдается гармоническое колебание. Записать показания встроенного частотомера. Это значение номинальной частоты кварцевого автогенератора следует обозначить, как $f_{2\text{ТЕРМ}}$.

Вернуть коаксиальный тройник в первоначальное положение (в контрольное гнездо КТ2).

Рассчитать и записать для каждого из автогенераторов абсолютное отклонение их частоты, произошедшее в процессе нагрева термостата: $\Delta f_n = |f_{\text{ННАЧ}} - f_{\text{нТЕРМ}}|$ (Гц).

Рассчитать и записать для каждого из автогенераторов относительное отклонение частоты (записав его в виде $A \times 10^{-BB}$): $\delta f_n = \Delta f_n / f_{\text{нТЕРМ}}$.

Рассчитать и записать для каждого из автогенераторов величину температурного коэффициента частоты: $\text{ТКЧ} = |f_{\text{ННАЧ}} - f_{\text{нТЕРМ}}| / |t_{\text{ТЕРМ}} - t_{\text{КОМ}}|$ (Гц / $^{\circ}\text{C}$).

Во всех расчетных формулах n — номер исследуемого автогенератора (1 и 2, соответственно).

Сформулировать и записать вывод о том, какой из исследуемых автогенераторов обладает меньшей нестабильностью частоты при изменении температуры окружающей среды.

9. Экспериментальное исследование зависимости частоты генерируемых автоколебаний от изменения напряжения питания LC и кварцевого автогенераторов.

Не меняя предыдущих настроек и коммутаций, исследовать зависимость частоты генерируемых автоколебаний автогенератора с LC-контуром от величины напряжения питания $E_{\text{п}}$. Для этого необходимо, поворачивая ручку «Регулировка Упит» сменного блока вправо и влево (в пределах от среднего положения до двух крайних положений), отслеживать и записывать значение частоты генерируемых автоколебаний, индицируемых встроенным частотомером (правая панель лабораторного стенда). Величина напряжения питания $E_{\text{п}}$ измеряется встроенным тестером (правая панель лабораторного стенда). Результаты измерений (для 7 — 10 точек) удобно записывать в нижеследующую таблицу.

$E_{\text{п}}, \text{В}$										
$f, \text{кГц}$										

Вернуть ручку «Регулировка Упит» сменного блока в среднее положение, добившись того же значения номинального напряжения питания $E_{\text{пн}}$, которое было измерено в пункте 7.

Аккуратно переставить коаксиальный тройник (не нарушая его соединений с внешними коаксиальными кабелями) из контрольного гнезда КТ2 в контрольное гнездо КТ3. Убедиться, что на экране осциллографа наблюдается гармоническое колебание. Повторить измерения, аналогичные тем, что были проведены выше, для кварцевого автогенератора. Результаты измерений целесообразно записывать в виде такой же таблицы.

На основе проведенных измерений (результаты которых были записаны в две таблицы), построить графически экспериментальные зависимости частоты генерируемых автоколебаний от величины напряжения питания $E_{\text{п}}$ для автогенератора с LC-контуром и для кварцевого автогенератора. Сформулировать и записать выводы, следующие из

построенных кривых.

По полученным таблицам и графикам для каждого из двух исследуемых автогенераторов определить при какой величине напряжения питания E_n наблюдается максимальное отклонение частоты генерируемых колебаний от ее значений при номинальном напряжении питания $E_{пн}$ (измеренном в пункте 7.). Соответствующие напряжения питания (для каждого из двух исследуемых автогенераторов) следует записать, обозначив, как $E_{п1}$ и $E_{п2}$. Также следует выписать соответствующие этим напряжениям питания частоты генерируемых автоколебаний, обозначив их f_{E1} и f_{E2} .

Рассчитать и записать для каждого из автогенераторов абсолютное отклонение их частоты, произошедшее в процессе изменения напряжения питания: $\Delta f_n = | f_{n\text{ТЕРМ}} - f_{E_n} |$ (Гц).

Рассчитать и записать для каждого из автогенераторов относительное отклонение частоты (записав его в виде $A \times 10^{-BB}$): $\delta f_n = \Delta f_n / f_{n\text{ТЕРМ}}$.

Рассчитать и записать для каждого из автогенераторов величину относительного изменения частоты при отклонении напряжения питания: $KE = | f_{n\text{ТЕРМ}} - f_{E_n} | / | E_n - E_{пн} |$ (Гц / В).

Во всех расчетных формулах n — номер исследуемого автогенератора (1 и 2, соответственно).

Сформулировать и записать вывод о том, какой из исследуемых автогенераторов обладает меньшей нестабильностью частоты при изменении величины напряжения питания.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

- 1) Цель работы;
- 2) Структурные схемы экспериментов (с указанием подключения измерительной аппаратуры);
- 3) Результаты измерения начальной частоты (при комнатной температуре) каждого из исследуемых автогенераторов, а также номинального напряжения питания;
- 4) Результаты измерения частоты каждого из исследуемых автогенераторов после прогрева термостата;
- 5) Таблицы и графики зависимостей частоты автоколебаний, генерируемых каждым из исследуемых автогенераторов, от изменения напряжения питания;
- 6) Результаты расчетов абсолютной и относительной нестабильности частоты каждого из исследуемых автогенераторов для каждого из экспериментов;
- 7) Результаты расчетов температурного коэффициента частоты и; относительного изменения частоты при отклонении напряжения питания для каждого из двух исследуемых автогенераторов.
- 8) Выводы, сформулированные в процессе выполнения лабораторной работы и анализа ее результатов.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1) Сформулируйте условия самовозбуждения автогенератора поясните их физический смысл.
- 2) Поясните, что такое мягкое и жесткое самовозбуждение автогенератора.
- 3) Докажите, что в эквивалентной трехточечной схеме автогенератора выполняется условие баланса фаз.
- 4) Нарисуйте самостоятельно принципиальную схему транзисторного автогенератора на основе емкостной трехточки. Поясните принцип действия такого автогенератора и назначение элементов его схемы.

- 5) Поясните назначение в автогенераторе цепей автоматического смещения, принцип действия таких цепей и их топологию (на примере принципиальной схемы трехточечного автогенератора).
- 6) Поясните, что называют абсолютной и относительной нестабильностью частоты автогенератора, а также что называют кратковременной и долговременной нестабильностью частоты.
- 7) Перечислите основные дестабилизирующие факторы, влияющие на частоту генерируемых автоколебаний.
- 8) Поясните механизм влияния изменения температуры окружающей среды на частоту генерируемых автоколебаний.
- 9) Поясните, что такое термокомпенсация и термостатирование. Поясните, что такое температурный коэффициент частоты автогенератора, и как его определяют.
- 10) Поясните механизм влияния изменения напряжения питания на частоту генерируемых автоколебаний.
- 11) Поясните механизм влияния изменения комплексного сопротивления нагрузки на частоту генерируемых автоколебаний.
- 12) Укажите, в чем заключается основное преимущество кварцевого автогенератора, по сравнению с автогенератором на LC-контуре.
- 13) Нарисуйте самостоятельно эквивалентную схему, а также зависимость реактивного сопротивления от частоты для кварцевого резонатора.
- 14) Нарисуйте эквивалентные трехточечные схемы кварцевых автогенераторов с включением кварцевого резонатора в роли индуктивности, а также с включением кварцевого резонатора в цепи обратной связи. Сравните эти две схемы по критерию стабильности частоты.
- 15) Поясните, в каком частотном интервале и почему может лежать частота генерируемых автоколебаний кварцевого автогенератора, построенного по схеме «кварц в роли индуктивности» на основе емкостной трехточки.
- 16) Поясните, каковы главные недостатки кварцевого автогенератора по сравнению с автогенератором на основе LC-контур.
- 17) Поясните, на частотах каких из механических гармоник кварцевого резонатора возможны автоколебания, и каковы принципы построения гармоникового автогенератора.
- 18) Покажите и обоснуйте возможность или невозможность перестройки генерируемой частоты кварцевого и LC-автогенератора в широких пределах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ

- 1) Радиопередающие устройства / В.В. Шахгильдян, В.Б. Козырев, А.А. Ляховкин и др.; под ред. В.В. Шахгильдяна. Учебник для ВУЗов.- М.: Радио и связь, 1996 (2001).
- 2) М.С. Шумилин, О.В. Головин, В.П. Севальнев, Э.А. Шевцов – Радиопередающие устройства. Учебник для техникумов. М.: Радио и связь, 1990.
- 3) Проектирование радиопередатчиков / В.В. Шахгильдян, М.С. Шумилин, В.Б. Козырев и др.; под ред. В.В. Шахгильдяна. Учебное пособие для ВУЗов. – М.: Радио и связь, 2000.
- 4) Сборник описаний лабораторных работ «Радиопередатчики часть 3: Основы устройств генерирования и формирования радиосигналов». М.:Информсвязьиздат, 2007.