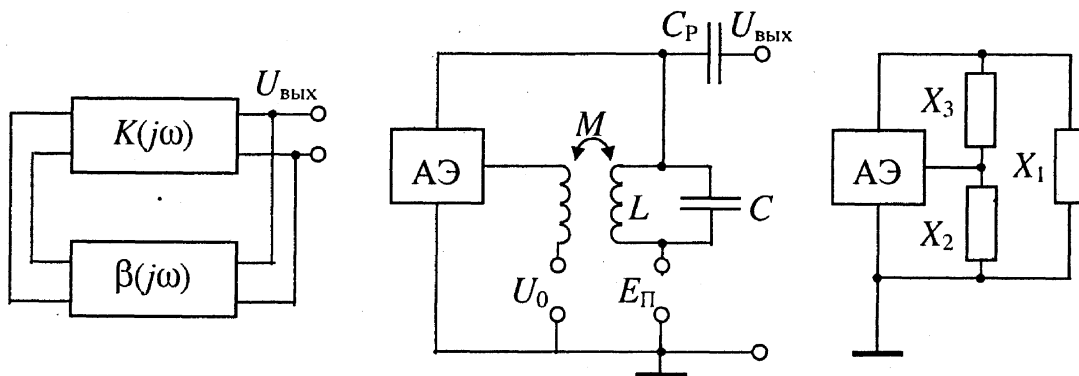


А. П. Кулинич, А. С. Шостак

LC- АВТОГЕНЕРАТОР

Методические указания к лабораторной работе
 для студентов радиоконструкторского факультета



СОДЕРЖАНИЕ

- 1. Цель работы**
- 2. Основные теоретические положения**
- 3. Описание лабораторной установки**
- 4. Предварительная подготовка**
- 5. Лабораторное задание и методические указания**
- 6. Требования к отчету**
- 7. Контрольные вопросы**
- 8. Литература**

1. Цель работы

Цель работы – исследование режимов работы и поведения транзисторного LC-автогенератора с трансформаторной связью под действием внешнего гармонического воздействия.

2. В работе исследуются:

- регенерация в резонансном усилителе с положительной обратной связью;
- установление автоколебаний;
- синхронизация (захват частоты) автоколебаний внешним гармоническим сигналом;
- влияние на нестабильность частоты процесса установления теплового режима, величины коэффициента обратной связи и фазового сдвига, текущего времени (кратковременная нестабильность);
- снимаются колебательная характеристика и характеристика обратной связи.

По результатам измерений определяются:

- коэффициент регенерации резонансного усилителя;
- время установление колебаний;
- полоса синхронизации (захвата) автоколебаний;
- коэффициенты нестабильности частоты несинхронизированного и синхронизированного автогенераторов, обусловленные кратковременными флуктуациями, процессом установления теплового режима, изменением коэффициента обратной связи и фазового сдвига.

3. Описание лабораторной установки

Лабораторную работу выполняют на той же установке, что и предыдущую работу “Преобразование сигналов в нелинейных цепях”.

Для сборки автогенератора необходимо схему резонансного усилителя дополнить цепью обратной связи, состоящей из:

- индуктивного трансформатора со встречным включением обмоток и трансформацией по напряжению 4:1;
- плавного аттенюатора (регулятора напряжения) в виде переменного резистора R_n , включенного параллельно вторичной обмотке индуктивного трансформатора;
- плавного RC-фазовращателя с регулировкой фазового сдвига переменным резистором R_φ .

5. Лабораторное задание и методические указания.

5.1. Сборка схемы и проверка работоспособности автогенератора.

Собрать на макете схему резонансного усилителя, включить питание макета и убедиться, что при уменьшении величины сопротивления в цепи базы (поочередным подключением резисторов $R_1 - R_4$) увеличивается ток коллектора. Затем собрать схему автогенератора, соединив выход цепи обратной связи (гнездо " U_{oc} ") с входом усилителя. Подключить к вторичной обмотке индуктивного трансформатора (гнездо " $U_{ввх}$ ") вход осциллографа, в цепь базы включить резистор $R_2 (R_1)$. Изменение коэффициента передачи цепи обратной связи (при помощи переменного резистора R_{II}) должно привести к возникновению гармонических колебаний на выходе автогенератора. При помощи частотомера (или осциллографа) и вольтметра измерить частоту автоколебаний и величину выходного напряжения.

5.2. Исследование регенерации в резонансном усилителе с положительной обратной связью.

- Включить цепь положительной обратной связи, соединив выход фазовращателя с входом усилителя;

- на вход усилителя подать сигнал с выхода ИАЧХ Х1-40 (выход ГКЧ);

- к выходу усилителя подключить вольтметр ВЗ-38 и вход индикатора Х1-40.

Установив переменный резистор R_{II} в крайнее левое положение (это соответствует нулевому значению коэффициента обратной связи), получить на экране индикатора изображение АЧХ усилителя. Пронаблюдать изменение формы АЧХ усилителя при увеличении обратной связи вращением указанного резистора. В некотором положении резистора происходит самовозбуждение и возникают автоколебания. Изображение АЧХ на экране исчезнет.

- Зарисовать АЧХ без обратной связи и АЧХ в режиме близком к самовозбуждению. Считая масштаб по частотной оси индикатора линейным, определить относительное сужение полосы пропускания усилителя в режиме регенерации.

- В режиме ручного управления частотой ГКЧ на резонансной частоте измерить напряжение на выходе усилителя без обратной связи и с обратной связью близкой к самовозбуждению. Определить коэффициент регенерации как отношение этих напряжений.

При отсутствии измерителя АЧХ коэффициент регенерации можно определить, используя генератор ГЗ-118 и вольтметр ВЗ-38.

5.3. Влияние коэффициента обратной связи на время установления автоколебаний.

◦ К выходу автогенератора подключить осциллограф.

◦ К эмиттеру транзистора подключить генератор (ГЗ-118) с выходным напряжением $0.5 \div 1$ В и частотой $200 \div 300$ Гц.

Так как в схеме используется германиевый транзистор типа $p-n-p$, то *положительный полупериод* гармонического колебания автогенератора будет смещать рабочую точку в область отсечки, что приведет к срыву автоколебаний, а *отрицательный полупериод* возвратит ее в область максимальной крутизны (и, следовательно, максимального усиления). Во втором случае при достаточной обратной связи возникают автоколебания. Время нарастания автоколебаний зависит от величины коэффициента обратной связи – чем больше коэффициент обратной связи, тем меньше время нарастания автоколебаний.

- Измерить время нарастания автоколебаний при слабой и сильной обратной связи. Измерение произвести путем подсчета количества высокочастотных колебаний в промежутке времени, в течение которого их амплитуда возрастает до 0.9 стационарного значения.

- Измерить время затухания автоколебаний (по заднему фронту импульса).

Измерение произвести путем подсчета количества высокочастотных колебаний в промежутке времени, в течение которого их амплитуда уменьшается до 0.1 стационарного значения

- Зарисовать наблюдаемые осциллограммы.

5.4. Исследование синхронизации колебаний автогенератора внешним сигналом с частотой близкой к резонансной.

Целью данного исследования является *определение полосы частот*, в которой частота автоколебаний равна частоте внешнего синхронизирующего генератора, подключенного к эмиттеру транзистора. *Эта полоса называется полосой захватывания или полосой синхронизации*. Если частота внешнего генератора существенно отличается от частоты автоколебаний, то на выходе автогенератора в результате сложения двух колебаний с близкими частотами возникают биения – периодическое изменение амплитуды колебаний. Частота биений равна разности частот внешнего генератора и автоколебаний. Биения можно наблюдать на выходе автогенератора при помощи осциллографа.

◦ На эмиттер транзистора подать сигнал от генератора ГЗ-118 напряжением $0.1 \div 0.5$ В и частотой равной частоте автоколебаний. Изменяя частоту генератора ГЗ-118 в сторону повышения и понижения, по отсутствию биений зафиксировать границы одночастотных колебаний. При достаточно медленной развертке осциллографа вне полосы синхронизации можно наблюдать характерную осциллограмму биений.

- Измерение полосы синхронизации провести при двух значениях величины синхросигнала – 0.1 В и 0.3 В.
- Зарисовать наблюдаемые осциллограммы биений.

5.5. Исследование стабильности частоты автогенератора.

Целью исследований является определение относительной нестабильности частоты автогенератора от времени, от величин обратной связи и фазового угла.

◦ К выходу автогенератора подключить цифровой частотомер. Отсчет частоты нужно производить с точностью до единиц герц.

• Для измерения временной нестабильности произвести отсчеты частоты в течение 3÷5 минут с интервалом в 5÷15 секунд.

• Для измерения нестабильности в зависимости от коэффициента обратной связи произвести отсчеты частоты при различных положениях переменного резистора “ R_{II} ” (до 10 значений).

• Для измерения нестабильности в зависимости от фазового сдвига произвести отсчеты частоты при различных положениях переменного резистора “ R_{ϕ} ” (до 10 значений).

• Для оценки нестабильности частоты при установлении теплового режима нужно произвести отсчеты частоты в течение 5÷10 минут после подачи питания на схему автогенератора.

• По результатам измерений в каждом случае определить *относительную нестабильность* как *отношение разности между максимальным и минимальным значением к среднему значению частоты* (при определении *тепловой нестабильности* – к установившемуся значению частоты).

5.6. Исследование стабильности частоты синхронизированного автогенератора.

Целью данного исследования является определение относительной нестабильности частоты синхронизированного автогенератора.

◦ На эмиттер транзистора подать сигнал от генератора ГЗ-118 напряжением 0.1÷0.5 В и частотой, равной частоте автоколебаний.

• Повторить измерения согласно пункту 5.5. “Исследование стабильности частоты автогенератора”.

5.7 Определение амплитуды стационарных колебаний автогенератора по колебательной характеристике и характеристике обратной связи.

Целью данного эксперимента является снятие колебательной (амплитудной) характеристики усилителя и характеристики обратной связи усилителя с разомкнутой цепью обратной связи на резонансной частоте.

◦ Разомкнуть цепь обратной связи, на вход усилителя подать сигнал с резонансной частотой от генератора ГЗ-118.

◦ К выходу усилителя (гнездо “ $U_{ВЫХ}$ ”) и к выходу цепи обратной связи (гнездо “ $U_{ОС}$ ”) подключить вольтметры.

• Изменяя величину напряжения на выходе генератора ГЗ-118 снять колебательную характеристику и амплитудную характеристику обратной связи при двух значениях обратной связи:

-максимальном, когда резистор $R_{П}$ находится в крайнем правом положении;

-критическом, когда резистор $R_{П}$ находится в положении вблизи срыва автоколебаний (это положение необходимо уточнить).

• По результатам измерений в одной системе координат построить графики зависимости коэффициента усиления ($K_V = U_{ВЫХ} / U_{ВХ}$) и коэффициента обратной связи ($K_{ОС} = U_{ОС} / U_{ВХ}$) от величины входного напряжения.

• Графически определить точку баланса амплитуд ($K_{ОС} \cdot K_{ОС} = 1$) и величину амплитуды стационарных колебаний.

5.8. Исследование режима регенерации резонансного усилителя при подаче на его вход прямоугольного импульса.

Режим регенерации резонансного усилителя можно наблюдать по прохождению через усилитель прямоугольного импульса. В этом случае контур отвечает собственными затухающими колебаниями.

При положительной обратной связи (меньшей, чем требуется для самовозбуждения генератора) продолжительность процесса затухающих колебаний возрастает. Количество периодов, при котором амплитуда колебаний уменьшается в $e^\pi \approx 23$ численно равно добротности контура.

◦ Для наблюдения этого процесса необходимо подать от генератора прямоугольных импульсов Г5-60 сигнал с периодом повторения $T=0,5 - 1$ мс и скважностью $\tau=0,25 - 0,5$ мс амплитудой до 0,5 В. Сигнал следует подавать на эмиттер или на вход усилителя.

• Затухающие колебания можно наблюдать на экране осциллографа, подключенного к выходу резонансного усилителя.

• Определить добротность контура при нескольких значениях коэффициента положительной обратной связи (3÷5).

• Зарисовать осциллограммы при двух крайних значениях добротности контура.

6. Требования к отчету

1. Заготовка для отчета должна быть сделана в ходе домашней подготовки к работе. Она должна содержать:

- название и цель работы;
 - домашнее расчетное задание;
 - наименование пунктов лабораторной работы в соответствии с заданием;
- Каждый пункт должен содержать:

- схему эксперимента;
- заготовку для внесения в нее результатов эксперимента;
- расчетные формулы;
- координатные оси для построения графиков;
- чистое поле (1/4...1/3 листа) для зарисовки осциллограмм, формулировки выводов и оценки полученных результатов.

Таким образом, для каждого пункта может понадобиться до одной страницы.

2.Целесообразно формулировку выводов и оценку результатов привести в конце работы отдельным пунктом. Количество выводов должно быть не меньше количества пунктов задания. Простейшим выводом является констатация факта в виде словесной формулировки полученного результата. Далее должно следовать сравнение результатов с известными теоретическими положениями и расчетными данными. В случае несоответствия результатов – дать объяснения причин этого. Следует помнить, что вывод - это формулировка экспериментального результата и его интерпретация.

3.В последнем пункте желательно сформулировать Ваши замечания и предложения по совершенствованию данной работы.

7. Контрольные вопросы

1. Запишите уравнение для коэффициента передачи цепи с обратной связью и поясните смысл понятий положительная (отрицательная) обратная связь, баланс амплитуд, баланс фаз. Представьте графическую зависимость коэффициента передачи цепи с обратной связью от коэффициента обратной связи и поясните характерные режимы работы цепи высокой стабильности, регенерации, самовозбуждения.
2. Запишите нелинейные однородные дифференциальные уравнения второго порядка для LC -автогенератора, поясните метод укороченного уравнения, понятие средней крутизны и условие стационарности.
3. Что такое мягкий и жесткий режимы самовозбуждения, устойчивость стационарного режима?
4. Дайте сравнительный анализ схем автогенераторов: трансформаторная схема, индуктивная и емкостная трехточки.
5. Что такое синхронизация (захват) частоты автогенератора внешним сигналом?
6. Какие параметры схемы и как влияют на время установления автоколебаний?
7. Какие факторы влияют на нестабильность частоты автогенератора?

8. Приведите схемы и поясните методики исследования колебательных характеристик, режима регенерации, процессов установления автоколебаний, полосы синхронизации колебаний внешним сигналом, стабильности частоты автогенератора.

9. Поясните методику графического определения амплитуды стационарных колебаний по амплитудной характеристике и характеристике обратной связи.

8.ЛИТЕРАТУРА

- 1.В.И. Нефедов. Основы радиоэлектроники и связи: М. ВШ. 2002.-510с.
- 2.С.И. Баскаков Радиотехнические цепи и сигналы: М. ВШ. 2005.-462с.