**Е.Ф. БАЗЛОВ**

**ИССЛЕДОВАНИЕ** **ИЗБИРАТЕЛЬНЫХ СВОЙСТВ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО КОЛЕБАТЕЛЬНОГО КОНТУРА**

***Методические*** ***указания*** ***к*** ***лабораторной*** ***работе***Министерство образования и науки Российской Федерации

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КАЗАНСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. А.Н. ТУПОЛЕВА-КАИ»

Е.Ф. БАЗЛОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗБИРАТЕЛЬНЫХ СВОЙСТВ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО КОЛЕБАТЕЛЬНОГО КОНТУРА

*Методические* *указания* *к* *лабораторной* *работе*

Казань 2017

УДК 621.373(075)

**Базлов Е.Ф.**

Исследование избирательных свойств последовательного колебательного контура. Методические указания к лабораторной работе.

Рассмотрены принцип действия, параметры и характеристики последовательного колебательного контура.

Предназначено для студентов очной и заочной форм обучения направлений подготовки 11.03.01 «Радиотехника», 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» и специальностей 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы», 25.05.03 «Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования» и 10.05.02 «Информационная безопасность телекоммуникационных систем».

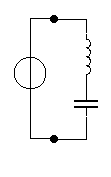
**Цель работы** − исследование амплитудно-частотных и фазо-частотных характеристик колебательного контура.

**1** **КРАТКИЕ** **СВЕДЕНИЯ** **ИЗ** **ТЕОРИИ**

В электрических цепях, содержащих индуктивные катушки и емкости, амплитуда тока может резко увеличиваться, когда частота внешнего воздействия достигает некоторого определенного значения. Это явление называется *амплитудным резонансом*. В теории цепей под резонансом чаще понимают *фазовый резонанс*, заключающийся в том, что реактивная составляющая входного сопротивления и проводимости цепи обращается в нуль.

Простейшей цепью, в которой наблюдается явление резонанса, является **колебательный контур (последовательный и параллельный).**

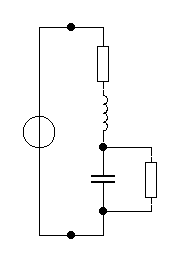
**Последовательный колебательный контур** представляет собой цепь, содержащую индуктивную катушку  и конденсатор , включенные последовательно с источником напряжения. Его принципиальная схема представлена на рис. 1а).



u(t)

L

C



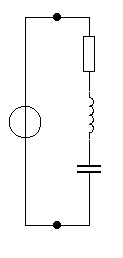
u(t)

RL

L

C

RC



u(t)

R

L

C

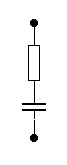
а)

б)

в)

Рис. 1

Реальная индуктивная катушка имеет сопротивление потерь , которое составляет обычно десятки Ом, а сопротивление (сопротивление утечки конденсатора) − велико (108 -109 Ом) (рис. 1б). Если параллельную цепь ( - ) преобразовать в последовательную цепь (рис. 2), то сопротивление  на рис. 2. оказывается значительно меньше  и даже меньше сопротивления . Введем обозначение  и получим окончательную схему замещения последовательно контура (рис. 1в).





С

Рис. 2

Комплексное входное сопротивление контура

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1) |

В этой формуле  − резистивная составляющая сопротивления, равная сопротивлению потерь, а  − реактивная составляющая сопротивления.

Если частота входного гармонического напряжения  примет значение , при котором реактивная составляющая сопротивления контура обращается в нуль, т.е.

|  |  |
| --- | --- |
| , | (2) |

то в контуре возникает резонанс.

Если учесть, что , то

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3) |

.

На резонансной частоте полное сопротивление емкости равно полному сопротивлению индуктивности: .

Величина  называется *характеристическим сопротивлением* контура.

Амплитуда тока в контуре на резонансной частоте .

При этом амплитуды напряжений на реактивных элементах контура:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4) |

.

Отношение амплитуды напряжения на реактивном элементе к амплитуде входного напряжения на резонансной частоте называется добротностью контура :

|  |  |
| --- | --- |
|  | (5) |

.

Добротность также можно определить, если взять отношение не амплитуд, а действующих значений напряжений:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (6) |

Таким образом, добротность определяется отношением характеристического сопротивления к сопротивлению потерь контура:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (7) |

.

Характеристическое сопротивление, как правило, составляет несколько кОм, а сопротивление потерь имеет величину несколько десятков Ом, поэтому добротность контура значительно больше единицы. На резонансной частоте амплитуды напряжений на емкости и индуктивности значительно больше амплитуды напряжения на входе контура. По этой причине резонанс в последовательном контуре называется резонансом напряжений.

Комплексная передаточная функция по напряжению , для случая, когда напряжение снимают с емкости



|  |  |
| --- | --- |
|  | (8) |

Амплитудно-частотная характеристика (рис. 3а)

|  |  |
| --- | --- |
|  | (9) |

Фазо-частотная характеристика (рис. 3б)

|  |  |
| --- | --- |
|  | (10) |

Теоретически максимум зависимости  соответствует частоте, несколько более низкой, чем резонансная частота: . Например, если , то . Реально частота  очень мало отличается от частоты , поэтому, при добротности можно считать, что.

Важной особенностью колебательного контура является его способность выделять из суммы гармонических колебаний различных частот те колебания, частота которых близка резонансной частоты. Это свойство называется *избирательностью.* Избирательные свойства контура определяются формой АЧХ и чем ближе она к прямоугольной форме, тем выше избирательность. *Полоса пропускания* реальных избирательных цепей определяется как диапазон частот , в пределах которого амплитуда выходного напряжения не падает ниже уровня  от максимального значения (рис. 3).Приведенные соотношения и формулы справедливы для случая, когда внутреннее сопротивление источника (генератора) равно нулю, а сопротивление нагрузки, подключенной к контуру, бесконечно велико. Если контур питается от генератора, внутреннее сопротивление которого  конечно, а параллельно, например, конденсатору подключено сопротивление нагрузки  (рис. 4), то добротность такого контура  уменьшается, а полоса пропускания увеличивается, т.е. избирательность становится хуже:





ω

Q

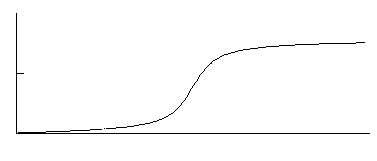
0







0.707Q





ω



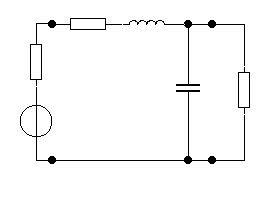




а)

б)

Рис. 3



RГ

R

L

C

RН

u(t)

Рис. 4

|  |  |
| --- | --- |
|  | (11) |

.

|  |  |
| --- | --- |
|  | (12) |

**2.** **ОПИСАНИЕ** **ЛАБОРАТОРНОГО** **МАКЕТА**

Лабораторная работа выполняется на макете «наборное поле», который подробно описан в лабораторной работе «**ОЗНАКОМЛЕНИЕ С ОСНОВНЫМИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫМИ ПРИБОРАМИ**».

**3.**  **ПОРЯДОК** **ВЫПОЛНЕНИЯ** **РАБОТЫ**

**Варианты заданий, которые определяет преподаватель приведены в таблице вариантов**

Таблица вариантов

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | C (пФ) | L (мкГн) | R1 (Ом) | R2 (кОм) |
| 1 | 4700 | 770 | 64 | 56 |
| 2 | 6700 | 790 | 32 | 58 |
| 3 | 10000 | 680 | 42 | 56 |
| 4 | 6700 | 540 | 40 | 56 |
| 5 | 6700 | 600 | 37 | 56 |

**.Задание 1**. Исследовать частотные свойства последовательного колебательного контура.

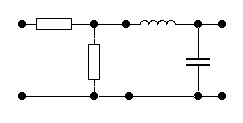
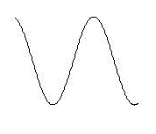
Рис. 8

GFG-8215A

GOS-630FC

1 канал

2 канал



RD1

RD2

L

C



**D**

Для этого снять АЧХ  и ФЧХ , рассчитать нормированную АЧХ



Построить графики нормированной АЧХ  и ФЧХ . .

По графикам определить резонансную частоту , полосу пропускания S, добротность Q и сопротивление потерь R.

1.1. Собрать схему исследования (рис. 8) и подготовить приборы к работе. Колебательный контур собрать из элементов, указанных в таблице вариантов (в соответствии с вариантом, указанным преподавателем). Генератор GFG-8215A подключить к входу резистивного делителя «**D**» Сопротивления делителя:  Делитель дает возможность уменьшить выходное сопротивление генератора до . Колебательный контур подключается к выходу делителя. Выходное напряжение контура (напряжение с конденсатора C) подается на вход второго канала осциллографа. На вход первого канала осциллографа подается напряжение с выхода делителя.

Установить выходное напряжение генератора таким, чтобы амплитуда напряжения на входе контура, измеренная по экрану осциллографа, была равна . Частоту напряжения генератора установить равной примерно . Развертку осциллографа подобрать так, чтобы на экране было 2 − 3 периода колебаний.

1.2. Определить резонансную частоту  контура. Для этого плавно меняя частоту генератора добиться максимального напряжения на конденсаторе. Измерить резонансное значение выходного напряжения по изображению на экране осциллографа  и частоту  и занести эти значения в таблицу 1.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Частота  Параметры |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Частота генератора, кГц |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Umвх, В (амплитуда) |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Umвых, В (амплитуда) |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| KU=Umвых/Umвх |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| =KU/KUmax |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| XT,, мм |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Xφ, мм |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| φ |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Таблица 2

1.3. Измерить на резонансной частоте по осциллограммам период входного сигнала  (в сантиметрах) и смещение выходного сигнала относительно входного  (в сантиметрах) Методика этих измерений использовалась в предыдущей лабораторной работе. Результаты измерений записать в таблицу 1.

1.4. Снять левую половину частотной характеристики контура. Для этого уменьшить частоту генератора настолько, чтобы напряжение на конденсаторе стало примерно равно . Измерить и записать в таблицу 1 значения , , , . Продолжая уменьшение частоты генератора так, чтобы напряжение на контуре принимало значения примерно 0.7, 0.5, 0.3, 0.1 от максимального, которое было на резонансной частоте, произвести измерения параметров контура и записать результаты в таблицу 1.

1.5. Повторить все измерения для правой части резонансной характеристики.

1.6. По результатам измерений рассчитать и построить графики функций  и .

1.7. По графику определить полосу пропускания, рассчитать добротность .

**Задание 2**. Исследовать влияние сопротивления потерь на полосу пропускания контура.

2.1. Последовательно с индуктивной катушкой включить добавочное сопротивление .

2.2. Определить резонансную частоту  контура. Для этого плавно меняя частоту генератора добиться максимального напряжения на конденсаторе. Измерить  и частоту . Записать эти значения.

2.3. Изменяя частоту генератора, определить граничные частоты  и  полосы пропускания.

2.4. Определить добротность контура и сделать вывод о влиянии добавочного сопротивления потерь на избирательные свойства контура.

**Задание 3**. Исследовать влияние сопротивления нагрузки на характеристики контура.

3.1. Параллельно контуру включить сопротивление нагрузки .

3.2. Определив, как и в задании 2 резонансную частоту, полосу пропускания и добротность контура.

3.3. Изменить нагрузку, включив параллельно контуру сопротивление . Повторить предыдущий пункт задания.

3.4. Оценить влияние сопротивления нагрузки на избирательные свойства контура.

**4.**  **ТРЕБОВАНИЯ** **К ОФОРМЛЕНИЮ** **ОТЧЕТА**

Отчет должен содержать:

1. Титульный лист с указанием названия работы, фамилий исполнителей и номера группы.

2. Задания.

3. Схемы исследуемого устройства.

4. Таблицы, содержащие результаты измерений частотных характеристик.

5. Графики частотных характеристик, полученных в результате выполнения работы.

6. Результаты расчетов по полученным данным.

7. Выводы по выполненной работе.

5. **КОНТРОЛЬНЫЕ** **ВОПРОСЫ**

1. Дать определение явления резонанса в электрической цепи

2 Какой резонанс называется амплитудным?

3. Какой резонанс называется фазовым?

4. Объяснить различие принципиальных и эквивалентных схем последовательного контура.

5. Нарисовать схему последовательного колебательного контура. Почему он называется последовательным контуром.

6. Записать формулу комплексного сопротивления последовательного колебательного контура.

7 Записать формулу полного сопротивления последовательного колебательного контура.

8. Чему равна резистивная составляющая сопротивления последовательного контура?

9. Записать формулу реактивной составляющей сопротивления последовательного колебательного контура?

10. Чему равно сопротивление последовательного контура на резонансной частоте?

11. Построить график зависимости полного сопротивления последовательного контура от частоты.

12. Почему резонанс в последовательном контуре называется резонансом напряжений?

13. Чему равны амплитуды напряжений на емкости и индуктивности в последовательном контуре?

14. Чему равна амплитуда тока в последовательном резонансном контуре на резонансной частоте?

15.. Что такое добротность колебательного контура? Как ее рассчитать? Как определить добротность контура по результатам измерения частотных характеристик?

16. Как определяется полоса пропускания колебательного контура? Как ее рассчитать? Как определить полосу пропускания по результатам измерения частотных характеристик?

17. Почему последовательный контур надо подключать к источнику напряжения?

18. Как влияет внутреннее сопротивление источника на избирательные свойства последовательного контура?

19. Как влияет сопротивление нагрузки на избирательные свойства контура?

20. Определить  по графикам частотных характеристик.