Министерство связи и массовых коммуникаций Российской Федерации

Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики

Кафедра вычислительных систем

# Лабораторная работа № 2

# «Электрические цепи синусоидального тока. Последовательный колебательный контур»

# 

Выполнил:

студент группы ИВ-

Проверил:

Новосибирск

2016

**1 Цель работы**

исследование цепей синусоидального тока. Приобретение навыков расчета и анализа цепей символическим методом (методом комплексных чисел);

исследование последовательного колебательного контура.

**2 Выполнение работы**

Исходные данные:

при выполнении лабораторной работы в схемах были использованы катушка индуктивности L9 и конденсатор C9.

Амплитуда = 0.2 В;

;

;

C = 2.2 мкФ

Схемы:

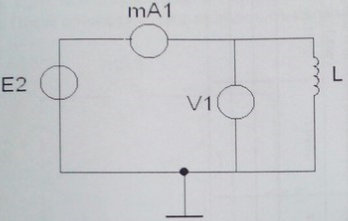
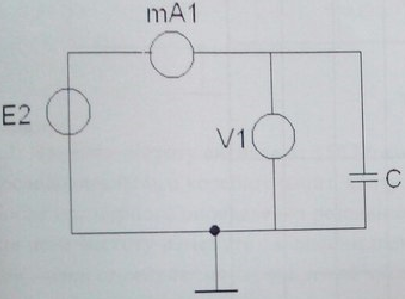
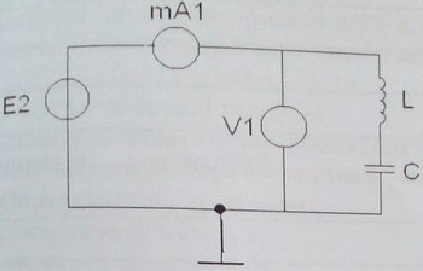
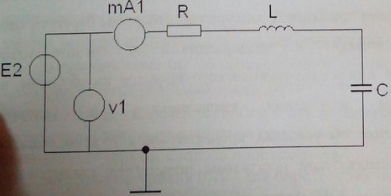
 

Рисунок 1 - Схема 1 Рисунок 2 - Схема 2



*Рисунок 3 - Схема 3*



*Рисунок 4 - Схема 4*

– теоретическое значение резонансной частоты;

В ходе работы было найдено практическое значение, и оно равно 505 Гц.

Таблицы с расчетами:

Таблица 1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **f, Гц** | **150** | **200** | **250** | **300** | **350** | **400** | **450** | **500** |
| **UmL, В** | **0,01685** | **0,01815** | **0,212** | **0,216** | **0,2215** | **0,2215** | **0,2215** | **0,2235** |
| **ImL, мА** | **0,89** | **0,89** | **3,195** | **2,86** | **2,545** | **2,24** | **1,975** | **1,815** |
| **XL, кОм** | **0,018932584** | **0,020393258** | **0,066353678** | **0,075524476** | **0,087033399** | **0,098883929** | **0,112151899** | **0,123140496** |
| **UmC, В** | **0,0065** | **0,01165** | **0,01295** | **0,01425** | **0,01295** | **0,01295** | **0,01555** | **0,01425** |
| **ImC, мА** | **0,0065** | **0,01555** | **0,01295** | **0,01035** | **0,01165** | **0,01295** | **0,01425** | **0,01555** |
| **XC, Ом** | **1** | **0,749196141** | **1** | **1,376811594** | **1,111587983** | **1** | **1,09122807** | **0,916398714** |

Таблица 1 (продолжение)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **550** | **600** | **650** | **700** | **750** | **800** |
| **0,2235** | **0,2215** | **0,219** | **0,219** | **0,2215** | **0,217** |
| **1,795** | **1,63** | **1,57** | **1,385** | **1,345** | **1,245** |
| **0,124512535** | **0,135889571** | **0,139490446** | **0,158122744** | **0,164684015** | **0,174297189** |
| **0,01555** | **0,01425** | **0,01295** | **0,01425** | **0,01685** | **0,01685** |
| **0,01555** | **0,01685** | **0,01555** | **0,01425** | **0,01425** | **0,01815** |
| **1** | **0,845697329** | **0,832797428** | **1** | **1,18245614** | **0,928374656** |

Таблица 2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **f, Гц** | **150** | **200** | **250** | **300** | **350** | **400** | **450** | **500** |
| **Контур без потерь (схема 3)** | | | | | | | | |
| **Im, mA** | **0,565** | **0,75** | **1,005** | **1,32** | **1,84** | **2,67** | **4,38** | **5** |
| **Φu - Φi** | **1,93** | **1,09** | **1,04** | **0,881** | **0,665** | **0,538** | **0,342** | **0,225** |
| **Контур с потерями (схема 4)** | | | | | | | | |
| **Im, mA** | **0,4955** | **0,705** | **0,94** | **1,21** | **1,58** | **2,06** | **2,685** | **3,195** |
| **Φu - Φi** | **1,79** | **1,27** | **0,959** | **0,724** | **0,587** | **0,431** | **0,284** | **0,009** |

Таблица 2 (продолжение)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **550** | **600** | **650** | **700** | **750** | **800** |
| **Контур без потерь (схема 3)** | | | | | |
| **4,46** | **3,52** | **2,98** | **2,47** | **2,15** | **1,99** |
| **0,274** | **0,303** | **0,333** | **0,362** | **0,352** | **0,342** |
| **Контур с потерями (схема 4)** | | | | | |
| **3,15** | **2,835** | **2,53** | **2,26** | **2,035** | **1,82** |
| **0,09** | **0,166** | **0,205** | **0,205** | **0,235** | **0,235** |

Графики АЧХ и ФЧХ, построенные по расчетам из таблицы 2:

**Вывод**

В результате выполнения данной лабораторной работы были исследованы несколько цепей синусоидального тока. Были приобретены навыки расчета и анализа цепей методом комплексных чисел. Был исследован последовательный колебательный контур.

Также, были построены амплитудно-частотная и фазово-частотная характеристики для схемы 4.

## Ответы на контрольные вопросы

1. **Самоиндукция** (противоЭДС) — это явление возникновения ЭДС индукции в проводящем контуре при изменении протекающего через контур тока.

При изменении тока в контуре пропорционально меняется и магнитный поток через поверхность, ограниченную этим контуром. Изменение этого магнитного потока, в силу закона электромагнитной индукции, приводит к возбуждению в этом контуре индуктивной ЭДС.

Это явление и называется самоиндукцией. (Понятие родственно понятию взаимоиндукции, являясь как бы его частным случаем).

Направление ЭДС самоиндукции всегда оказывается таким, что при возрастании тока в цепи ЭДС самоиндукции препятствует этому возрастанию (направлена против тока), а при убывании тока — убыванию (сонаправлена с током). Этим свойством ЭДС самоиндукции сходна с силой инерции.

Величина ЭДС самоиндукции пропорциональна скорости изменения силы тока(переменного) ***i***:



Коэффициент пропорциональности ***L***{\displaystyle L} называется *коэффициентом самоиндукции* или *индуктивностью* контура (катушки).

Напряжение пропорционально росту тока, самоиндукция пропорциональна убыванию тока. Для самоиндукции напряжение минимально в точке где ток при росте переходит через 0, то есть ток в том состоянии в котором самоиндукция будет через четверть периода и ток опережает самоиндукцию.

1. **Метод комплексных амплитуд** — метод расчета линейных электрических цепей, содержащих реактивные элементы, в установившемся режиме при гармонических входных сигналах, впервые применённый О. Хевисайдом.

Суть метода заключается в следующем:

* Для всех реактивных элементов определяется их комплексный импеданс (комплексное сопротивление, полное сопротивление).
* Все токи и напряжения рассматриваются в виде комплексных амплитуд.

После введения этих замен задача анализа цепи сводится к задаче анализа цепи на постоянном токе:

* импедансы трактуются как обычные сопротивления
* комплексные амплитуды токов и напряжений как обычные токи и напряжения

Таким образом, мы избавились от *реактивности* элементов и *зависимости от времени* сигналов. Эти факторы, затрудняющие математическое описание схемы, теперь перенесены в сигнал: все параметры зависят от частоты гармонического сигнала и являются комплекснозначными.

1. Реакция индуктивности на гармоническое воздействие**:**

Пусть по цепи течет ток http://bourabai.ru/toe/tec/Image524.gif

При прохождении тока в катушке возникает ЭДС самоиндукции:

http://bourabai.ru/toe/tec/Image525.gif

http://bourabai.ru/toe/tec/Image526.gif-напряжение на входе уравновешивает эту ЭДС. Подставим в эту формулу значение тока http://bourabai.ru/toe/tec/Image524.gifи продифференцируем:

http://bourabai.ru/toe/tec/Image527.gif

Угол сдвига фаз:

http://bourabai.ru/toe/tec/Image528.gif

Вывод: в цепи с идеальной катушкой напряжение опережает ток на угол 900.

1. Реакция емкости на гармоническое воздействие:

Период электромагнитных колебаний в идеальном колебательном контуре (т. е. в таком контуре, где нет потерь энергии) зависит от **индуктивности катушки** и **емкости конденсатора** и находится по  
формуле Томсонаhttp://works.doklad.ru/images/a_sj70c0cDI/7038269.jpg. Частота с периодом связана обратно пропорциональной зависимостью.

1. Причина отличия реальных диаграмм от теоретических:

- Погрешность измерений параметров сигнала методом непосредственной оценки при помощи осциллографа складывается из трех составляющих. Двумя такими составляющими являются погрешность измерений линейного размера участка осциллограммы hy или lx, а также неточное значение масштаба изображения сигнала, т.е. погрешность установления коэффициента отклонения по вертикали ky или коэффициента развертки kx. Третьей составляющей является погрешность получения самой осциллограммы на экране ЭЛТ, обусловленная отличием изображения сигнала от реального сигнала, распространяющегося по исследуемым электрическим цепям.

- Погрешность измерений линейных размеров участка осциллограммы (визуальная погрешность) складывается из неточности совмещения кривой с рисками шкалы и неточности отсчета положения осциллограммы относительно шкалы.

- Погрешность из–за отличия осциллограммы сигнала от реального сигнала обусловлена двумя причинами:

– влиянием подсоединения входных цепей осциллографа на исследуемую электрическую цепь;

– конечной полосой пропускания канала вертикального отклонения (или конечным временем нарастания его переходной характеристики).

1. Параметры контура при резонансе напряжений:

- **Полное сопротивление*****цепи в резонансном режиме имеет чисто резистивный характер, равно сопротивлению резистивного элемента и является минимальным*.**

**- Ток в цепи при резонансе напряжений является максимальным*****и по характеру чисто активным,****т.е. не имеет сдвига по фазе по отношению к напряжению.*

- **Коэффициент мощности цепи равен единице, полная мощность равна активной.***Это означает, что ток в цепи при резонансе совершает максимальную полезную работу.*

- **В цепи имеют место обратимые преобразования энергии электрического и магнитного полей***, причем интенсивность этих преобразований одинакова: энергия электрического поля конденсатора и энергия магнитного поля катушки преобразуются одна в другую с одинаковой скоростью.*

Таким образом, ***при резонансе напряжений энергия магнитного поля индуктивности преобразуется в энергию электрического поля емкости и наоборот, причем суммарная энергии, запасенная в реактивных элементах цепи, остается постоянной*.**

1. Явление резонанса напряжений:

Явление резонанса напряжений возникает на частоте *ω0*, при которой индуктивное сопротивление катушки *XL = ω0L* и ёмкостное сопротивление конденсатора *XC = 1/ω0C* равны между собой. При этом электрический импеданс (полное сопротивление) цепи уменьшается, становится чисто активным и равным *R* (сумма активного сопротивления катушки и соединительных проводов). В результате, согласно закону Ома: *I=U/R*, ток в цепи достигает своего максимального значения.

Практическое применение:

- При совпадении частоты генератора и собственных колебаний контура на катушке появляется напряжение, более высокое, чем на клеммах генератора. Это можно использовать для питания высокоомной нагрузки повышенным напряжением, или в полосовых фильтрах.

- Явление резонанса в электрических цепях весьма широко используется в современной электротехнике, и особенно в технике высокой частоты.

Генераторы высокой частоты, применяемые в радиотехнике, содержат в себе в качестве основного элемента колебательный контур, колебания тока и напряжения в котором происходят с резонансной частотой или с частотой, весьма близкой к резонансной. Антенны передающих и приемных радиостанций вместе с включенными в их цепь катушками или конденсаторами также представляют собой колебательные контуры, настраиваемые в резонанс с частотой колебаний тока в ламповом генераторе передающей станции и с частотой колебаний напряженностей поля в электромагнитной волне приемной станции. Радиоприемники содержат в себе настраиваемые в резонанс колебательные контуры. Настройка в резонанс на частоту одной из передающих радиостанций колебательных контуров в радиоприемнике, в том числе и контура антенны, обеспечивает возможность выделить в приемнике эту передающую радиостанцию из числа многих работающих одновременно.

- Применение этой же идеи в проволочной междугородной телефонной связи позволяет осуществить так называемую многократную телефонию, т.е. передать по одной паре проводов одновременно несколько разговоров. При этом на конечных пунктах те или иные колебания выделяются с помощью резонансных устройств и подаются к соответствующим приемникам.

- В радиоприемных устройствах точно так же существенно обеспечить пропускание и усиление в одинаковой мере всей полосы частот, соответствующей диапазону звуковых частот, чтобы не было искажения передачи. С этой целью может быть использована система из двух связанных контуров, имеющая резонансную кривую.

- Явление резонанса используется в радиотехнике для измерения частоты колебаний или отвечающей ей длины электромагнитной волны с помощью измерительных приборов, называемых волномерами. Волномер содержит колебательный контур с градуированными индуктивной катушкой и конденсатором и прибором, указывающим ток в контуре. Колебательный контур волномера связывается индуктивно с контуром устройства, в котором необходимо измерить частоту тока. При плавном изменении емкости волномера добиваются максимума тока в контуре волномера и по значению индуктивности и емкости контура волномера судят о частоте.

- Явление резонанса широко используется и в других электроизмерительных устройствах, а также в устройствах электроавтоматики.

1. Термин «Полоса пропускания»: **Полоса пропускания (прозрачности)** — диапазон частот, в пределах которого амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) акустического, радиотехнического, оптического или механического устройства достаточно равномерна для того, чтобы обеспечить передачу сигнала без существенного искажения его формы. Иногда вместо термина «полоса пропускания» используют термин «эффективно передаваемая полоса частот (ЭППЧ)». В ЭППЧ сосредоточена основная энергия сигнала (не менее 90 %). Этот диапазон частот устанавливается для каждого сигнала экспериментально в соответствии с требованиями качества.

Основные параметры полосы пропускания:

### - Ширина полосы пропускания - полоса частот, в пределах которой неравномерность частотной характеристики не превышает заданной.

- Неравномерность АЧХ характеризует степень её отклонения от прямой, параллельной оси частот. Неравномерность АЧХ выражается в децибелах.

1. Ширина полосы обычно определяется как разность верхней и нижней граничных частот участка АЧХ{\displaystyle f\_{2}-f\_{1}}, на котором амплитуда колебаний равняется{\displaystyle {\frac {1}{\sqrt {2}}}} (или, что эквивалентно{\displaystyle {\frac {1}{2}}} для мощности) от максимальной. Этот уровень приблизительно соответствует −3 дБ.

Полоса пропускания имеет резонансную частоту fрез. с максимумом сигнала А (ед. изм.). Пропускаются также боковые частоты снизу и с верху, величина сигнала которых в разной степени ослабляется фильтром. И если фильтр какую-то боковую составляющую снижает на величину не ниже 0,707 от величины А, то это не страшно и считается, что контур эту величину пропускает. Так определяется верхняя и нижняя граница пропускания, где сигнал уменьшается не ниже чем 0,707\*А. Разность между верхней и нижней частотой определяют полосу пропускания.



**Амплитудно - частотной характеристикой (АЧХ)** называется частотная зависимость модуля КПФ.

**Фазочастотной характеристикой (ФЧХ)** называется частотная зависимость аргумента КПФ.

КПФ - Комплексная передаточная функция.

**Добротность колебательного контура** **характеризует** свойство колебательного контура запасать энергию в реактивных элементах, добротность последовательного колебательного контура равна отношению энергии, запасаемой в контуре, к энергии потребляемой контуром за период колебаний, умноженному на 2π.

**Добротность контура показывает во сколько раз напряжения на реактивных элементах контура при резонансе превышает значение приложенного к контуру напряжения.**