МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ»

(КНИТУ-КАИ)

Институт Радиоэлектроники и телекоммуникаций

(наименование института (факультета), филиала)

Кафедра радиоэлектроники и информационно-измерительной техники

(наименование кафедры)

11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

(шифр и наименование направления подготовки (специальности))

КУРСОВАЯ РАБОТА

|  |  |
| --- | --- |
| по дисциплине: | Основы теории цепей |

|  |  |
| --- | --- |
| на тему: | Исследование частотных и переходных характеристик |
|  | линейных электрических цепей |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Обучающийся |  | 5204 |  |  |  | Савенко М.А. |
|  |  | (номер группы) |  | (подпись, дата) |  | (Ф.И.О.) |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Руководитель |  | доцент |  | Козлов В.А. |
|  |  | (должность) |  | (Ф.И.О.) |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Курсовая работа зачтена с оценкой |  |  |  |  |
|  |  | (оценка) |  | (подпись, дата) |

Казань 2020

**Федеральное** **государственное** **бюджетное** **образовательное** **учреждение** **высшего** **образования  
«Казанский** **национальный** **исследовательский** **технический**  
**университет** **им**. **А**.**Н**. **Туполева-КАИ»**

**(КНИТУ-КАИ)**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Институт (факультет), филиал: | | | радиоэлектроники и телекоммуникаций |
| Кафедра: | радиоэлектроники и информационно-измерительной техники | | |
| Направление подготовки: | | 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы | |

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой РИИТ

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Д.В. Шахтурин

« \_\_ » \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 20 \_\_ г.

**ЗАДАНИЕ**

на выполнение курсовой работы по дисциплине

Основы теории цепей

(наименование учебной дисциплины)

Савенко Максим Артемович (группа 5204)

(фамилия, имя, отчество)

1. Тема курсовой работы:

Исследование частотных и переходных характеристик линейных электрических цепей

(наименование темы курсовой работы)

2. Срок сдачи обучающимся законченной курсовой работы « 15 »   декабря   2020 г.

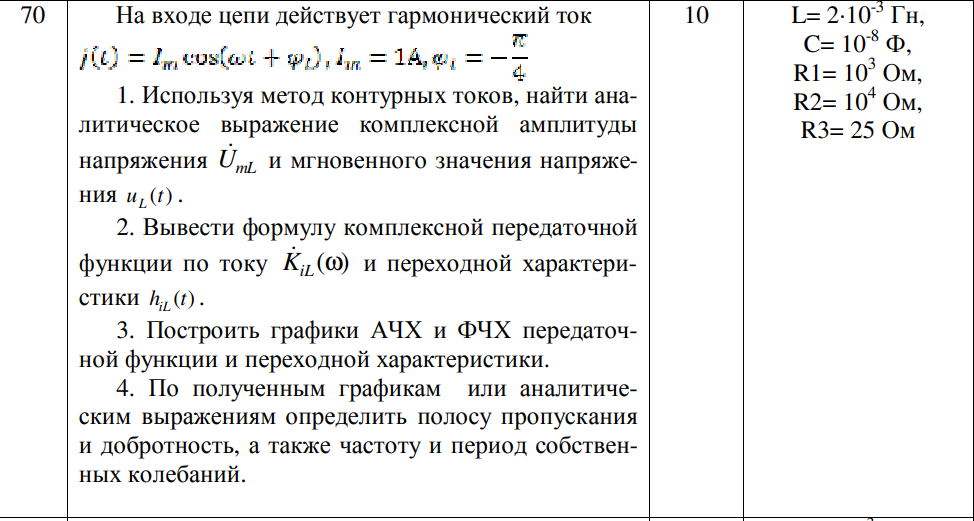
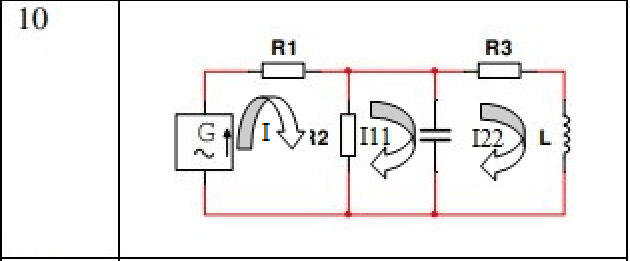
3. Структура пояснительной записки:

Аннотация на русском и иностранном (английском) языках, содержание, введение, основная часть (1. Анализ цепи и определение комплексной амплитуды и мгновенного значения указанной в задании величины. 2. Определение указанной комплексной передаточной функции и построение графиков ее АЧХ и ФЧХ. 3. Определение указанной переходной характеристики и построение ее графика. 4. Определение параметров цепи по построенным графикам или полученным аналитическим выражениям), заключение, список использованных источников, приложения (при необходимости), заключение, список использованных источников, приложения (при необходимости).

4. Перечень графического материала:

Чертежей и плакатов не требуется.

5. Исходные данные к курсовой работе:



1) Используя метод контурных токов, найти аналитическое выражение комплексной амплитуды напряжения UmL и мгновенного значения напряжения uL(t) .

2) Вывести формулу комплексной передаточной функции по току KiL(ω) и переходной характеристики hiL(t)

3) Построить графики АЧХ и ФЧХ передаточной функции и переходной характеристики.

4) По полученным графикам или аналитическим выражениям определить полосу пропускания и добротность, а также частоту и период собственных колебаний.

6. График выполнения курсовой работы:

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование этапа выполнения работы | Срок выполнения |
| Получение задания на курсовую работу | не позднее 2 недель от начала семестра |
| Предъявление проекта курсовой работы (результатов выполнения отдельных этапов курсовой работы) | в установленные контрольные точки |
| Предъявление готовой курсовой работы, с последующей корректировкой курсовой работы | не позднее, чем за 30 календарных дней до срока сдачи курсовой работы |
| Представление итогового варианта курсовой работы и отчета о проверке на объем заимствований (по требованию руководителя) | в соответствии со сроком сдачи курсовой работы |
| Оценивание руководителем и написание отзыва на курсовую работу | в течение 3 календарных дней |
| Размещение электронного варианта курсовой работы в системе электронного обучения на платформе «LMS Blackboard» | не позднее дня защиты курсовой работы |
| Публичная защита курсовой работы | не позднее начала экзаменационной сессии |

7. Дата выдачи задания « \_\_ »                    20 \_\_ г.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Руководитель курсовой работы |  |  |  |
|  | (подпись) |  | (Ф.И.О.) |
| Задание к исполнению принял |  |  |  |
|  | (подпись) |  | (Ф.И.О.) |

Аннотация

**Содержание**

1. [введение **Ошибка! Закладка не определена.**](#_Toc48779106)
2. [1 Наименование первого раздела **Ошибка! Закладка не определена.**](#_Toc48779107)

[1.1 Наименование первого подраздела первого раздела **Ошибка! Закладка не определена.**](#_Toc48779108)

1. [2 Наименование второго раздела **Ошибка! Закладка не определена.**](#_Toc48779109)

[2.1 Наименование первого подраздела второго раздела **Ошибка! Закладка не определена.**](#_Toc48779110)

[2.2 Наименование второго подраздела второго раздела **Ошибка! Закладка не определена.**](#_Toc48779111)

1. [3 Наименование третьего раздела **Ошибка! Закладка не определена.**](#_Toc48779112)

[3.1 Наименование первого подраздела третьего раздела **Ошибка! Закладка не определена.**](#_Toc48779113)

[3.2 Наименование второго подраздела третьего раздела **Ошибка! Закладка не определена.**](#_Toc48779114)

1. [заключение **Ошибка! Закладка не определена.**](#_Toc48779115)
2. [список Использованных источников **Ошибка! Закладка не определена.**](#_Toc48779116)
3. [приложение А Название приложения **Ошибка! Закладка не определена.**](#_Toc48779117)

**Введение**

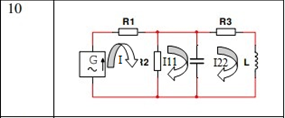
Введение Основная цель курсовой работы - систематизация, закрепление и углубление теоретических знаний, а также приобретение практических навыков аналитического расчета основных характеристик электрических цепей.

Работа по курсу "Основы теории цепей" посвящена определению токов и напряжений в электрической цепи, а также анализу ее частотных и переходных характеристик.

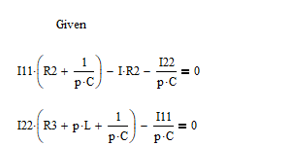
Анализ частотных характеристик может проводиться различными методами, например, контурных токов или узловых напряжений. Далее по полученным операторным функциям определяется комплексная передаточная функция и строятся графики ее частотных характеристик (АЧХ и ФЧХ). Большинство необходимых преобразований осуществляется с помощью математической системы MathCad, что существенно сокращает затраты времени и сил.

**1. Анализ цепи и определение комплексной амплитуды тока и мгновенного значения тока**

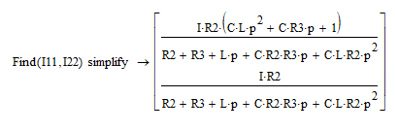
Найдём комплексную амплитуду напряжения на концах катушки индуктивности: . Используем метод контурных токов. Систему уравнений составляем на основе второго закона Кирхгофа. Их количество по этому закону равно , где p – количество ветвей в цепи, g – количество узлов, Nит - количество источников тока. В нашей цепи p = 4, g = 2, Nит = 1, значит количество уравнений: n2 = 2. Значит, нам необходимо выделить два независимых контура. Обозначим j\*ω=p; Теперь обозначим токи в контурах и направления их обхода: I11(p), I22(p)– контурные токи первого и второго контуров соответственно. Замечу, что 22(ω)=mL(ω). Используя Mathcad, запишем систему уравнений и, решив её, находим mL и ic(t).



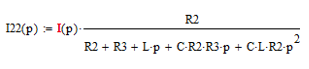
Используя Mathcad запишем уравнения для двух произвольных контуров согласно методу узловых напряжений. В таком случае уравнения примут следующий вид:



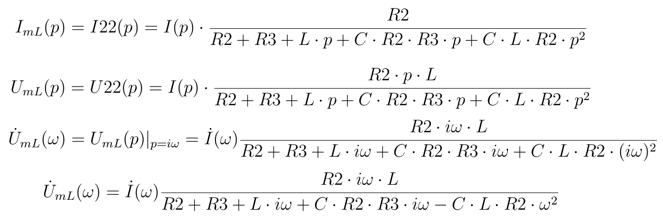
Решим систему уравнения (1), используя аналитические возможности Mathcad:

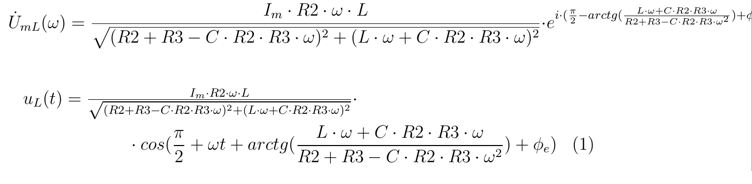


Таким образом, ток через второй контур определяется по формуле:



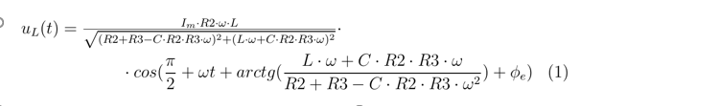
Перейдём к комплексной форме записи выражения:





Представим комплексную амплитуду напряжения на конденсаторе в показательной форме:

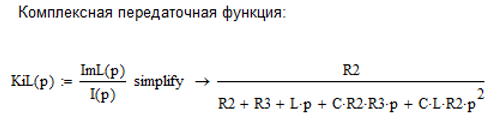
Запишем мгновенное значение тока . Для этого умножим комплексную амплитуду на вектор вращения и выделим действительную составляющую. После этих преобразований выражение примет следующий вид:



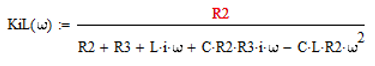
**2. Определение комплексной передаточной функции и построение графиков ее АЧХ и ФЧХ.**

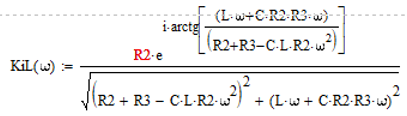
Выведем формулу комплексной передаточной функции по напряжению и построим графики её АЧХ и ФЧХ:

Определим комплексную передаточную функцию по току, используя аналитические возможности:

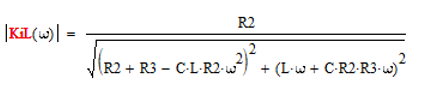


Перейдём к комплексной форме записи выражения:

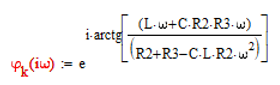
 (8)

Представим функцию в показательной форме: 

Амплитудно-частотная характеристика определяется как модуль этой комплексной передаточной функции:



Фазово-частотная характеристика определяется как аргумент комплексной передаточной функции:



----------------------------------------------------------------------------------------

Определим диапазон частот, в котором следует строить графики АЧХ и ФЧХ. Для этого найдём полюсы передаточной функции по напряжению в операторной форме:



Обозначим р=x, а коэффициенты при «х» следующим образом:















Полюсами функции являются корни выражения, которое находится в знаменателе формулы (7). Запишем знаменатель, используя обозначения (9), и найдём корни этого выражения с помощью аналитических возможностей Mathcad. Будем при этом использовать заданные значения параметров схемы:















Определим резонансную частоту цепи (11):

Рад/c (11)

Получились комплексно сопряжённые полюсы. Следовательно, расстояния от них до начала координат одинаковы. Оно равно:

 Рад/c

Используя графические возможности Mathcad, построим графики АЧХ и ФЧХ с помощью функций Mathcad:

,

 (12)

 Ом

 Ом

где определяется выражением (8). Для этого также используем числовые параметры элементов:

 Гн

 Ф

В результате получим следующие графики:





**3. Определение переходной характеристики и построение ее графика.**

Переходная характеристика определяется как отклик цепи на единичный скачок. Изображение единичного скачка по Лапласу равно 1/р, поэтому изображение переходной характеристики будем искать по формуле:



Тогда изображение переходной характеристики цепи с учетом (7) будет иметь следующий вид:

 (13)

Обозначим числитель и знаменатель функции (13) следующим образом:







В соответствии с теоремой разложения необходимо найти корни знаменателя (13). Два из них были найдены ранее (10):



Получили два различных простых корня – полюсы знаменателя, поэтому переходная характеристика должна быть определена по формуле:

 (14)

В формуле (14) dN(p) – производная знаменателя:



Найдём численное значение dN(p) по формуле для каждого из двух корней:





С помощью аналитических возможностей Mathcad определим переходную характеристику. В результате получим очень объёмное выражение. Тогда переходная характеристика (14) примет следующий вид:

 (15)

Определим временной интервал 0÷Т1, в котором надо рассчитать переходную характеристику:



Определим шаг изменения времени Т2, взяв 10 точек на период:



Следовательно, график переходной характеристики необходимо строить во временном интервале:



Тогда график переходной характеристики примет следующий вид:

