|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  «Вятский государственный университет»  Факультет автоматики и вычислительной техники  Кафедра радиоэлектронных средств | | |
|  | | |
| **КУРСОВАЯ РАБОТА**  Расчет линейной многоконтурной цепи  переменного тока | | |
| по дисциплине: «Теория электрических цепей»  Вариант 17з24 | | |
| Выполнил(а): |  | |
| студент(ка) гр. ИКТб-2302 |  | М.Р.Соколовская |
|  |  |  |
|  |  |  |
| Проверил: |  | |
| и.о.Декана, к. т. н. |  | Д.А. Репкин |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
| Работа защищена с оценкой | «\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_» | «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_ 2017 г. |
|  | Киров 2017 |  |

**Реферат**

Соколовская М. Р. Расчет линейной многоконтурной электрической цепи переменного тока:ТПЖА.25217-02 81 01 ПЗ: Курс.работа/ ВятГУ, каф. РЭС; рук. Д.А.Репкин. - Киров, 2017. ПЗ 31 с., 6 рисунков, 2 таблицы, 2 приложения, 3 источника.

ЗАКОН КИРГОФА. ЗАКОН ОМА. МЕТОД КОНТУРНЫХ ТОКОВ. МЕТОД УЗЛОВЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ. ПРИНЦИП СУПЕРПОЗИЦИЙ. ВАТТМЕТР. ВАРМЕТР. БАЛАНС МОЩНОСТЕЙ.

Объект – принципиальная схема электрической цепи.

Цель работы – расчет токов в цепи разными методами, построение диаграмм цепи.

В данной курсовой работе расчет токов цепи производится несколькими методами: с помощью закона Кирхгофа, методом контурных токов, методом узловых потенциалов, а так же расчет токов в цепи с использованием принципа суперпозиций.

На основе полученных данных построена: векторная диаграмма потенциалов, векторная диаграмма токов, совмещенная диаграмма токов и напряжений в цепи.

Результаты всех расчетов приведены в сравнительных таблицах.

**Содержание**

Введение………………………………………………………………........5

1 Составление расчетной схемы электрической цепи…………….…….6

2 Определение всех токов в цепи с помощью законов Кирхгофа…..….8

3 Определение токов в цепи с помощью метода контурных токов..….10

4 Определение всех токов в цепи методом узловых потенциалов….…12

5 Расчет всех токов в цепи методом суперпозиций……………………..15

6 Определение показаний ваттметра и варметра в ветви цепи.

Проверка балансов мощности……………………………………………….....18

7 Построение потенциальной диаграммы схемы, совмещенной с векторной диаграммой токов…………………………………………………...20

8 Составление системы уравнений по законам Кирхгофа для цепи с магнитными связями………………………………………………………….…22

Заключение………………………………………………………………....25

Приложение А Векторные диаграммы…………………………………...26

Приложение Б Библиографический список……..……………………….30

# **Введение**

Классическим методом расчета сложных электрических цепей является непосредственное применение законов Кирхгофа. Все остальные методы расчета электрических цепей исходят из этих фундаментальных законов электротехники.Одним из главных недостатков этого метода является большое количество уравнений в системе. Более экономичным при вычислительной работе является Метод контурных токов.[1]

При расчете Методом контурных токов полагают, что в каждом независимом контуре течет свой (условный) Контурный ток. Уравнения составляют относительно контурных токов по второму закону Кирхгофа. Таким образом количество уравнений равно количеству независимых контуров.Реальные токи ветвей определяют как алгебраическую сумму контурных токов каждой ветви.[1]

Под Методом двух узлов понимают метод расчета электрических цепей, в котором за искомое напряжение ( с его помощью затем определяют токи ветвей) принимают напряжение между двумя узлами.

Принцип суперпозиции: ток, протекающий под воздействием нескольких ЭДС, равен алгебраической сумме частичных токов, протекающих от каждой из ЭДС в отдельности.[1]

# **Составление расчетной электрической схемы**

Принципиальная схема электрической цепи для заданного варианта представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Принципиальная схема электрической цепи

Исходные данные:

|  |  |
| --- | --- |
|  | F = 400 Гц  e2 = 2000sin(ωt-45)В  e3 = 2000sin(ωt+45)В |

Угловая частота



Сопротивление реактивных элементов цепи:

Комплексные сопротивления ветвей:

Заданные мгновенные ЭДС запишем в комплексной форме:

=

# **Определение всех токов в цепи с помощью законов Кирхгофа**

Уравнения Кирхгофа для цепи в дифференциально-интегральной форме.

Уравнения Кирхгофа для цепи в символической форме по ERCL-схеме:

Уравнения Кирхгофа для цепи в символической форме по EZ-схеме:

Уравнения Кирхгофа для цепи с подставленными цифровыми значениями:

Решив систему линейных уравнений с помощью математической программы Mathcad Express Prime 3.0, получается:

# **1Определение токов в цепи с помощью метода контурных токов**



Рисунок 2 – Электрическая схема с контурными токами

Все токи в звеньях выражаем через контурные токи. В данном случае необходимо выразить только те токи, которые не совпадают с одним из контурных токов:

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

Для каждого контура записывается уравнение по второму закону Кирхгофа:

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

Подставляются числовые значенияв (2):

После оптимизации получается:

Решив систему линейных уравнений с помощью математической программы Mathcad Express Prime 3.0, получается:

Исходя из 1 находятся токи:

Полученные токи совпадают с токами, рассчитанными в п. 2.

# **Определение всех токов в цепи методом узловых потенциалов.**

Потенциал узла c примем равным нулю. Уравнения по первому закону Кирхгофа для узлов a,b,d:

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

 Используя обобщённый [закон Ома](http://electroandi.ru/toe/zakon-oma.html)составим уравнения для нахождения каждого из токов по следующей формуле:

,

где  - комплексный потенциал узла a;

 - собственная проводимость узла a.

Получается система:

Подставим полученные выражения для токов в уравнения (3), получается:

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

Комплексные сопротивления ветвей были вычислены в п1, тогда комплексные проводимости ветвей:

Подставляя комплексные проводимости в 4 получим:

Решив систему линейных уравнений с помощью математической программы Mathcad Express Prime 3.0, получается:

Далее определяются комплексные токи:

Полученные токи совпадают с токами, рассчитанными в п. 2,3.

# **Расчет всех токов в цепи методом суперпозиции.**

В схеме электрической цепи оставлен только один источник ЭДС. Методом контурных найдены токи во всех ветвях цепи, создаваемые этим источником. Контурные токи выбираются аналогично п.3.

Для каждого контура записывается уравнение по второму закону Кирхгофа:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Подставляются числовые значения:

После оптимизации получается:

Решив систему линейных уравнений с помощью математической программы Mathcad Express Prime 3.0, получается:

Исходя из 1 находятся токи:

В схеме электрической цепи оставлен только один источник ЭДС .

Методом контурных найдены токи во всех ветвях цепи, создаваемые этим источником. Контурные токи выбираются аналогично п.3.

Для каждого контура записывается уравнение по второму закону Кирхгофа:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Подставляются числовые значения:

После оптимизации получается:

Решив систему линейных уравнений с помощью математической программы Mathcad Express Prime 3.0, получается:

Исходя из (1) находятся токи:

Рассчитать все токи в электрической цепи с двумя источниками, используя принцип суперпозиции. Для этого надо алгебраически сложить токи в соответствующих ветвях, создаваемые в цепи каждым из источников в отдельности.

Полученные токи совпадают с токами, рассчитанными в п. 2,3,4.

# **Определение показаний ваттметра и варметра в ветви цепи. Проверка балансов мощности.**



Рисунок3 – Принципиальная схема электрической цепи

Принципиальная схема электрический цепи представлена на рисунке 3, в ней предусмотрен измерительный прибор для измерения перетоков активной и реактивной мощностей в ветви №3.Выражение для мощности в комплексной форме имеет вид:

, где - комплексное напряжение;

- комплекс, сопряженный с комплексным током =, т.е. 

Таким образом,



Здесь полная мощность, - активная мощность, -реактивная мощность.

Мы измеряем активную мощность Р.

На рисунке 4ваттметр реагирует на ток - и напряжение , направления, которых на схеме согласованы с генераторными зажимами прибора (обозначены звездочками). Тогда*.*

**

Теперь определим показания ваттметра по формуле:

Активная и реактивная мощности получилась положительной в обоих случаях, значит, ваттметр включен верно.

Расчет полной мощности, генерируемой всеми источниками в цепи

Привести формулу и расчет полной мощности, потребляемой всеми сопротивлениями в цепи:

# **Построение потенциальной диаграммы схемы, совмещенной с векторной диаграммой токов.**

Принципиальная схема электрической цепи с проставленными контрольными точками представлена на рисунке 4. C помощью закона Ома для участка цепи последовательно рассчитать значения потенциалов во всех контрольных точках, .



Рисунок 4 – Принципиальная схема электрической цепи

На комплексной плоскости (Приложение А рисунок А1) изображена векторная диаграмма потенциалов в цепи в масштабе 10В/см.На комплексной плоскости (Приложение рисунок А2) изображена векторная диаграмма токов в цепи в масштабе 1А/см.На комплексной плоскости (приложение А рисунок А3) изображена совмещенная векторная диаграмма токов и напряжений цепи в масштабе 1А/см и 10В/см.

# **Составление системы уравнений по законам Кирхгофа для цепи с магнитными связями.**

Положим, что между индуктивными катушками L4 и L5 имеется индуктивная связь, заданная величиной взаимной индуктивности М. Включение L4 и L5 показано точками возле катушек (рисунок 8). Для выбранных направлений токов и направлений обхода контуров составим в общем виде систему уравнений Кирхгофа:



Рисунок 8 - Принципиальная электрическая схема цепи

Уравнения Кирхгофа для цепи в дифференциально-интегральной форме.

Уравнения Кирхгофа для цепи в символической форме по ERCL-схеме:

Положим, что между индуктивными катушками L4 и L5 имеется индуктивная связь, заданная величиной взаимной индуктивности М. Включение L4 и L5 показано точками возле катушек (рисунок 9). Для выбранных направлений токов и направлений обхода контуров составим в общем виде систему уравнений Кирхгофа:



Рисунок 9 - Принципиальная электрическая схема цепи

Уравнения Кирхгофа для цепи в дифференциально-интегральной форме.

Уравнения Кирхгофа для цепи в символической форме по ERCL-схеме:

# **Заключение**

В таблицах 1 и 2 представлено сравнение полученных результатов для токов и напряжений. Как видно из таблиц, результаты совпадают.

Таблица1 Сравнение токов полученных четырьмя методами.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Метод расчета | , A | , A | , A | , A | , A | , A |
| закон Кирхгофа |  |  |  |  |  |  |
| Методконтурных токов |  |  |  |  |  |  |
| Метод узловых потенциалов |  |  |  |  |  |  |
| Метод суперпозиции |  |  |  |  |  |  |

Таблица 2 Сравнение потенциалов полученных разными методами.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Метод расчета |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Метод узловых потенциалов |  |  | *0* |  |  |  |  |  |  |
| Векторная диаграмма |  |  | *0* |  |  |  |  |  |  |