**«Московский**

**государственный**

**технический**

**университет**

**имени**

**Н.Э.**

**Баумана»**

**(**

**МГТУ**

**им.**

**Н.Э.**

**Баумана)**



**Расчетно-пояснительная записка**

к курсовой работе на тему:

**«Анализ установившихся и переходных режимов в линейных электрических цепях»**

по дисциплине «Электротехника»

Вариант № 1в

Студент: Группа:

Руководитель курсовой работы:

2022 г.

**Введение**

Цель курсовой работы – закрепить теоретический материал, научиться приемам и методам познавательной деятельности, умению обобщать и вырабатывать навыки творческого мышления и самостоятельной работы.

Умение правильно использовать компьютер становится важным показателем работы специалиста. При работе над курсовой применена персональная ЭВМ (ПЭВМ). Оформление отчета выполнено в Word. Схемы цепи вычерчивались в графическом редакторе. Для расчетов и построения графиков использовали систему компьютерной математики MathCAD.

**Описание схемы**

Предметом курсовой работы является исследование электрической цепи, структурная и функциональная схемы которой показаны на рис. 1 и 2 соответственно.

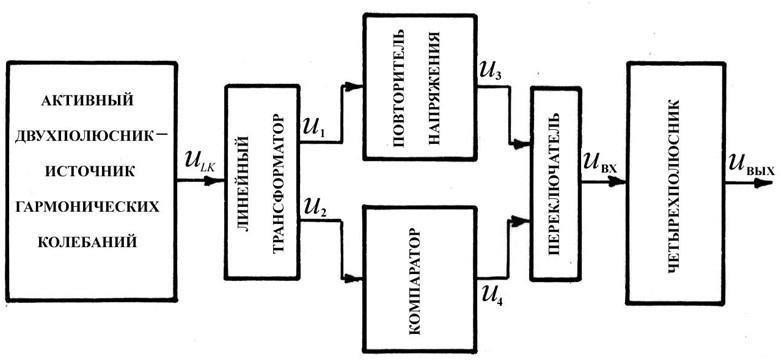


Рисунок 1 – Структурная схема электрической цепи

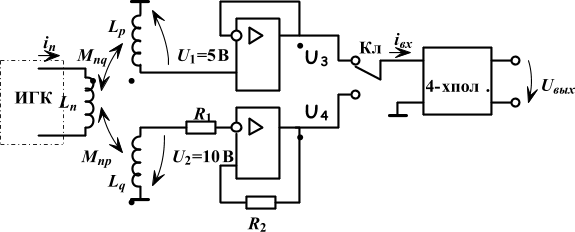


Рисунок 2 - Функциональная схема электрической цепи.

Схема источника гармонических колебаний состоит из источников ЭДС и тока одинаковой частоты и пассивных элементов разного характера, соединенных определенным образом. Роль первичной обмотки линейного трансформатора (ТР) выполняет одна из индуктивностей *Ln*, входящих в состав источника. При этом последовательно с индуктивностью не должен быть включен источник тока, и ток в этой ветви не равен нулю. Линейный (воздушный) трансформатор имеет две вторичные обмотки *Lp* и *Lq*.

Напряжение *u*1 вторичной обмотки *Lp* ТР подается на вход повторителя, собранного на операционном усилителе (ОУ) *DA*1. Ориентировочные параметры такого усилителя следующие:

Rвх ≥ 0,5 мОм; Rвых ≤ 100 Ом; µ0 ≥ 5∙104; *f*в = 20 мГц;

где µ0 - коэффициент усиления по напряжению, а fв – верхняя рабочая частота. Такой ОУ используется не для получения усилительного эффекта, а для передачи электрическим цепям особых свойств, получить которые без него сложно или невозможно. Для работы ОУ к нему необходимо подвести постоянное питающее напряжение U = ±10…15 В.

Напряжение во вторичной обмотке Lq ТР подается на инвертирующий вход компаратора – порогового элемента, преобразующего гармоническое (синусоидальное) колебание в разнополярные импульсы прямоугольной формы:

U4 = 10 В при *u*2 ≤0,

U4 = –10 В при *u*2> 0.

Компаратор собран на ОУ *DA*2 с разомкнутой отрицательной обратной связью (ООС). В цепи без ООС коэффициент усиления ОУ оказывается чрезвычайно большим и синусоидальный сигнал преобразуется в прямоугольный. Следует обратить внимание, что напряжения *u*1 и *u*2 находятся в противофазе, а напряжению *u*3> 0 соответствует *U*4 = 10 В. Токи во вторичных обмотках трансформатора ТР для идеальных ОУ (*Rвх* → ∞) равны нулю, поэтому нагрузка трансформатора никакого влияния на активный двухполюсник не оказывает.

Переключатель *Кл* позволяет подключить заданную схему четырехполюсника любо к выходу повторителя, либо к выходу компаратора. Переключение из одного положения в другое происходит мгновенно. В исходном (начальном) состоянии переключатель находится в положении 1 (см рисунок 2). Изменение положения переключателя вызывает в схеме изменение режима работы и возникновение переходного процесса.

**Техническое задание на курсовую работу**

## 1. Расчет источника гармонических колебаний (ИГК).

1.1. В соответствии с вариантом задания рассчитать комплексным методом расчета токи во всех ветвях схемы 1 (в дальнейшем будем называть схему 1 источником гармонических колебаний (ИГК)). Расчет производится любым известным методом расчета – законами Кирхгофа, методом контурных токов, методом узловых потенциалов. Определить комплексное напряжение на источнике (источниках) тока. Составить проверочное уравнение баланса мощности, по результатам которого сделать вывод о правильности расчета токов в ветвях.

1.2. Выбрать в качестве первичной обмотки воздушного трансформатора одну из катушек индуктивностей ИГК (*Ln*) (Приложение 1, Рис. 1). Провести моделирование схемы 1 в Мультисим. В схеме моделирования последовательно с выбранной индуктивностью включить виртуальный амперметр переменного тока, а параллельно с индуктивностью – виртуальный вольтметр переменного тока. Определить теоретически действующее значение тока и напряжения на индуктивности, используя ранее полученное комплексное значение тока индуктивности (смотри п. 1.1). Убедиться, что рассчитанные ток и напряжение в выбранной катушке индуктивности совпадают с показаниями виртуального вольтметра и амперметра.

1.3. Записать мгновенные значения тока и напряжения первичной обмотки трансформатора Т1 и построить их волновые диаграммы.

1.4. Определить значения *Mnq, Mnp, Lq, Lp* Т1 из условия, что индуктивность первичной обмотки *Ln* известна, *U1* = 5 B, *U2* = 10 B. Коэффициент магнитной связи обмоток *k* следует выбрать самостоятельно в диапазоне: 0,5 < *k* < 0,95 (n, p, q, - номера индуктивностей Т1). Записать выражения комплексных напряжений на вторичных обмотках трансформатора. Учесть, что первая вторичная обмотка включена с первичной обмоткой согласно, а вторая – встречно.

***1. Расчет источника гармонических колебаний (ИГК)***

Исходные данные.

Таблица 1.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *E6,*  *В* | *J2,*  *А* | *R2, Ом* | *R4, Ом* | *L5, мГн* | *C1, мкФ* | *C3, мкФ* | *C4, мкФ* | *C5, мкФ* |
| 100*j* | 1*+j* | 40 | 100 | 300 | 10 | 20 | 5 | 2 |





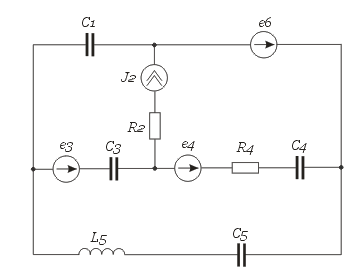


Рисунок 3 – схема 1

1.1. Рассчитаем, комплексным методом узловых потенциалов, токи во всех ветвях схемы 1 (рис. 3) (в дальнейшем будем называть схему 1 источником гармонических колебаний (ИГК).

Комплексные значения источников.

 *В*

 *В*

 *В*

 *А*

Значения комплексных сопротивлений ветвей.

 *1/с*

 *Ом*

 *Ом*

 *Ом*

 *Ом*

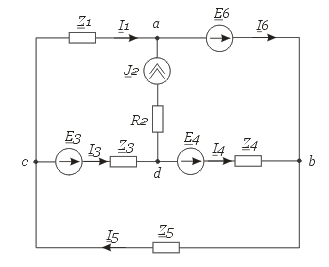


Рисунок 4

Примем потенциал узла ***a*** равным нулю.

 *В*

Находим потенциал узла ***b***.

 *В*

Составляем систему уравнений для узловых потенциалов оставшихся узлов ***c*** и ***d***.





Подставляем числа.





Или





Решаем систему уравнений.







 *В*

 *В*

Потенциалы узлов.









Находим токи в ветвях по закону Ома.

 *А*



 *А*



 *А*

 *А*

По первому закону Кирхгофа.

 *А*

Определим комплексное напряжение на источнике тока по второму закону Кирхгофа для замкнутого контура ***a-d-c-a.***





 *В*

Составим проверочное уравнение баланса мощности.

Комплексная мощность источников.

 *ВА*





Комплексная мощность сопротивлений

 *ВА*





Баланс выполняется, токи найдены правильно.

1.2. Выберем в качестве первичной обмотки трансформатора индуктивность *L5*.

Ток индуктивности.

 *А*

Напряжение на индуктивности *L5*.



 *В*

Смоделируем схему в Мультисим.

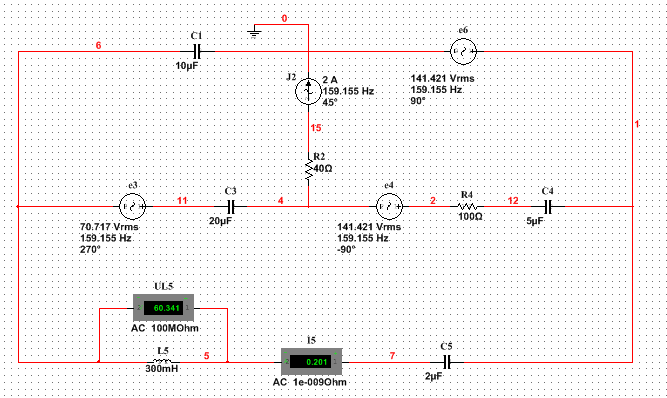


Рисунок 5

1.3. Запишем мгновенные значения тока и напряжения первичной обмотки трансформатора Т1 и построить их волновые диаграммы.

 *А*

 *В*

Волновые диаграммы.

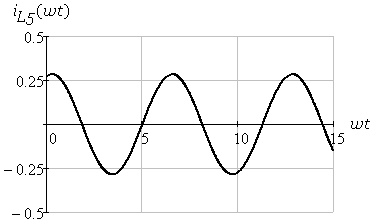


Рисунок 6

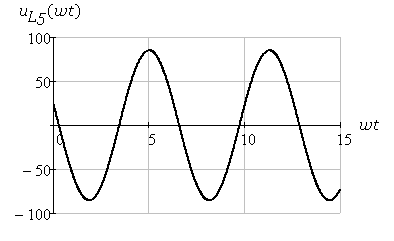


Рисунок 7

1.4. Определим значения *M56, M57, L6, L7* Т1 из условия, что индуктивность первичной обмотки *L5* известна, *U1* = 5 *B*, *U2* = 10 *B*. Коэффициент магнитной связи обмоток *k* следует выбрать самостоятельно в диапазоне: 0,5 < *k* < 0,95 (n, p, q, - номера индуктивностей Т1).

 *А*

 *Гн*

 *Гн*





*Гн*





*Гн*

Запишем выражения комплексных напряжений на вторичных обмотках трансформатора. Учтем, что первая вторичная обмотка включена с первичной обмоткой согласно, а вторая – встречно.



 *В*



 *В*