Федеральное государственное автономное

образовательное учреждение

высшего образования

“СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ”

Институт инженерной физики и радиоэлектроники

Кафедра радиотехники

**КУРСОВАЯ РАБОТА**

Расчёт переходных процессов в линейных электрических цепях

Преподаватель \_\_\_\_\_\_\_\_\_ В.А. Вепринцев

подпись, дата инициалы, фамилия

Студент ВЦ20-01РТВ \_\_\_\_\_\_\_\_\_ С.Н. Фукалов

подпись, дата

Красноярск 2021

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

[Введение 3](#_Toc100230709)

[Задание 1 4](#_Toc100230710)

[Задание 2 9](#_Toc100230711)

[Задание 3 12](#_Toc100230712)

[Задание 4 13](#_Toc100230713)

[Задание 5 15](#_Toc100230714)

[Задание 6 17](#_Toc100230715)

# Введение

Дана электрическая цепь, в которой происходит коммутация (схемы цепи на рис. 1). В цепи действует источник ЭДС. Параметры цепи представлены в таблице 1.

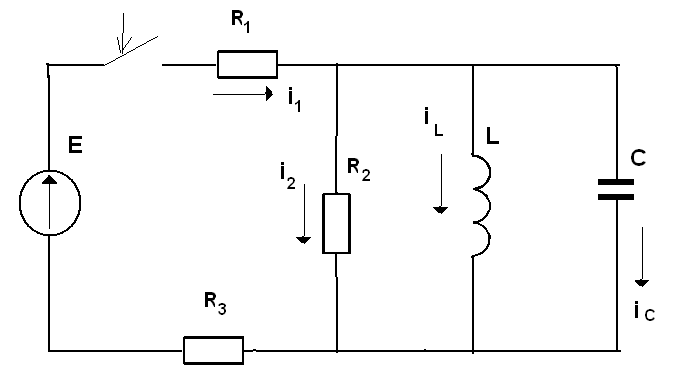


Таблица 1 - исходные данные

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер вариата | Е, В | L, мГн | С, мкФ | Сопротивление, Ом | | | | Определяемый параметр |
| R1 | R2 | R3 | R4 |
| 65 | 100 | 5 | 50 | 1 | 8 | 7 | 0 | iL |

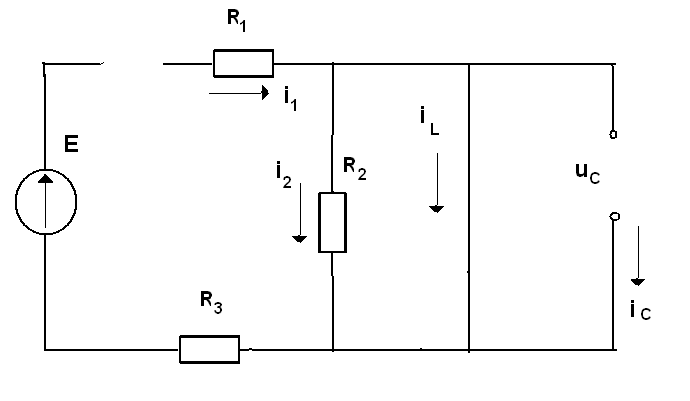
# Задание 1

Определить зависимость тока от времени после коммутации в одной из ветвей цепи или напряжения на каком-либо элементе или между заданными точками схемы.

**Классический метод**

1. Независимыми начальными условиями согласно законам коммутации iL(0-) = iL(0+) и Uc(0-) = Uc(0+)

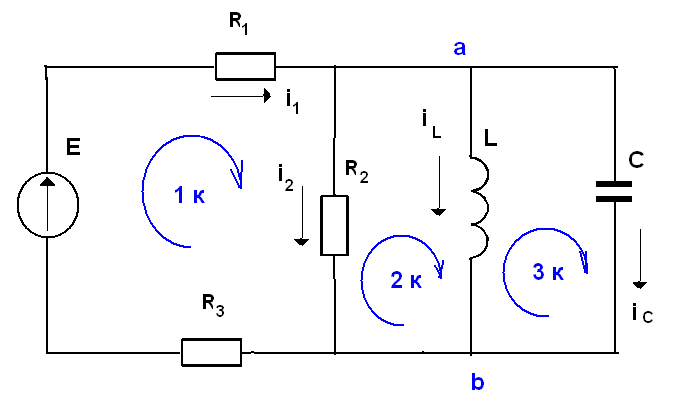
До коммутации имеем установившийся режим цепи постоянного тока: индуктивность заменяется закороткой, а ёмкость – разрывом.



iL(0-) =

uc(0-) = 0

2.Составим систему уравнений по законам Кирхгофа для послекоммутационной схемы:



Для свободных составляющих токов эта система имеет вид:

Из уравнения выражаем i1, полученное выражение подставляем в систему:

Находим определитель системы:

Приравняем 0 числитель

Решение квадратного уравнения

p1 = - 4 \* c-1

p2 = - 1\* c-1

Постоянные времени

= = = 250 мкс

= = = 1000 мкс

3. Общее решение для тока iLCB(t) имеет вид

iLCB(t) = +

4. Найдём принужденную составляющую тока:

(После коммутации имеем установившийся режим цепи постоянного тока: индуктивность заменяем закороткой, а ёмкость – разрывом.)

iLПРИН(t) = = = 12,5 A

5. На основании законов коммутации iL(0–) = iL(0) и

uC(0–) = uC(0).

Определим производную в момент времени t = 0 (зависимое начальное условие)

- L = = (t)

Отсюда

=-

=- = - = 0

6.Определим постоянные интегрирования A1 и A2:

iL(t) = iLПРИН(t)+ +

=  + \* + = \* +

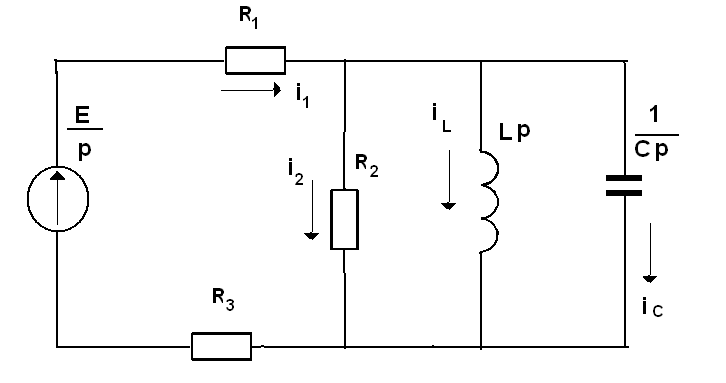
При t = 0

iL(t) = 12,5 + 4,167\*e^(-4000\*t) – 16,667\*e^(-1000\*t)

**Операторный метод**

Независимые начальные условия будут те же, что и в классическом способе расчета:

iL(0–) = iL(0) = 0, uC(0–) = uC(0) = 0.



Система уравнений для цепи после коммутации та же, что и в классическом способе расчета

Эта система для изображений с учетом внутренних источников ЭДС имеет вид

Главный определитель

∆(p) =

Второй определитель системы

∆L(p)

(p) = = =

Перейдем от изображения к оригиналу по теореме разложения

(t) 0=0

где *pk* – корни *F*2(*p*),

в нашем случае *F*2(*p*) имеет корни

p = 0,

p1 = – 4\*,  
p2 = –1\*

Рассчитаны в классическом методе

*F*1(*p*) =

*F*2(*p*) = p

= 3 + +

p = 0 , *F*1(*0*) = , =

p1 = – 4\*, *F*1(– 4\*) = , =

p2 = –1\*, *F*1(–1\*= , =

(t) = \* + \* + \* = + \* + \* =

= 12,5 + 4,167\* - 16,667\* A

Cовпадает с решением классическим методом

# Задание 2

Расчет переходного процесса при воздействии гармонической ЭДС.

Расчет производим классическим методом.

Em = 100 B

фE = 85˚

f = 640 Гц

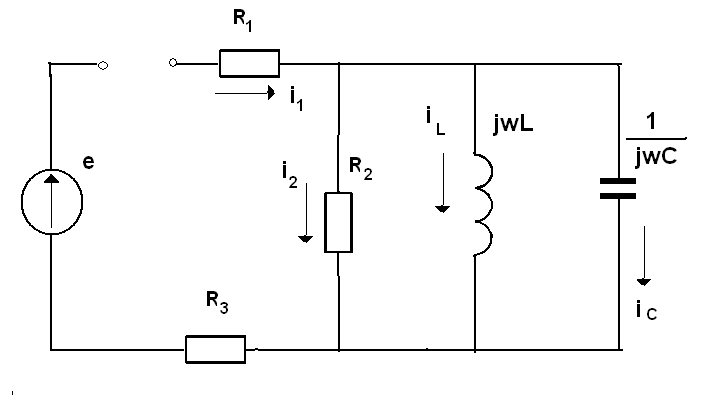
Определим угловую частоту

ω = 2πf = 2π\*640 = 4020 рад/c

e(t) = 100\*cos(ωt + 85˚) B

Независимые начальные условия uC(0–) и iL(0).

=100\* = 8,72 + j99,62 B



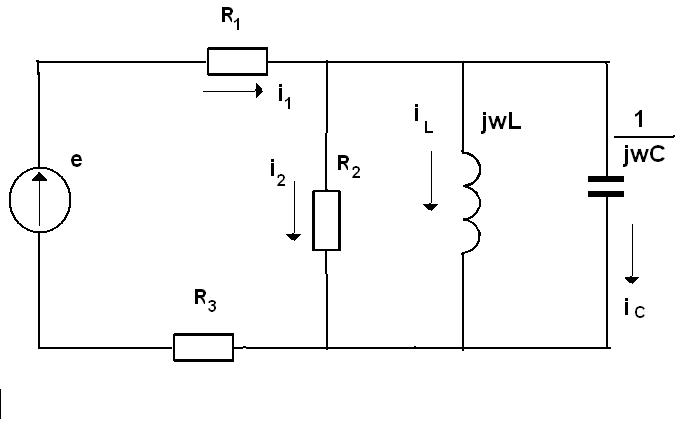
Цепь источника разорвана

uC(0) = 0

*iL*(*0*) = 0

Система уравнений Кирхгофа для цепи после коммутации не зависит от вида ЭДС, следовательно, можно использовать систему из классического решения для постоянной ЭДС. Характеристическое уравнение системы и общее решение для тока имеет такой же вид.

Найдем принужденную составляющую тока iLприн(t).



Полное сопротивление цепи

= + = + = Ом

Напряжение индуктивности

= - \* () = 8,72 + j99,62 - \* () = B

Ток индуктивности

= = = 1,72 – j1,25 = 2,15 A

iLприн(t) = 2,15\*cos( - 36) A

для t = 0

iLприн(0) = 1,74 A

Зависимое начальное условие  в момент *t* = 0

- L = = (t)

Отсюда

=-

=- = - = 0

Определим постоянные интегрирования A1 и A2:

iL(t) = iLПРИН(t)+ +

=  + \* +

iLПРИН(t)= 2,15\*cos( - 36) A

= - 2,15\*4020\*sin( - 36) = -8643sin( - 36) A/c

iL(t) = 2,15\*cos( - 36) + +

= -8643\*sin( - 36) + \* +

При t = 0

iL(0) = 2,15\*cos( - 36) + +

= -8643\*sin( - 36) + \* +

0 = 1,74 + +

0 =5080 + (-4\*)\* + (-1\*)\*

= 2,27 A

= -4,01 A

iL (t) = 2,15\*cos( - 36) + 2,27 \* - 4,01 \* A

# Задание 3

На основании полученных аналитических выражений построить графики искомой величины в функции времени в интервале от t=0 до t=3/|**p**min|. Здесь |**p**min|-меньший по модулю корень характеристического уравнения.

График принужденной и свободных составляющих тока при постоянном источнике ЭДС

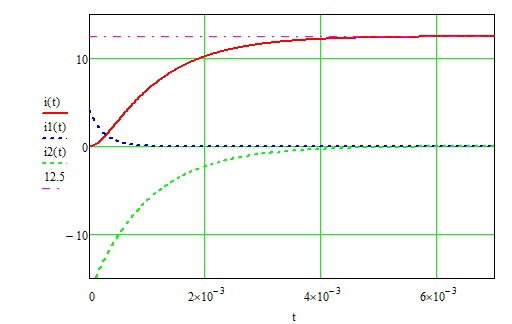
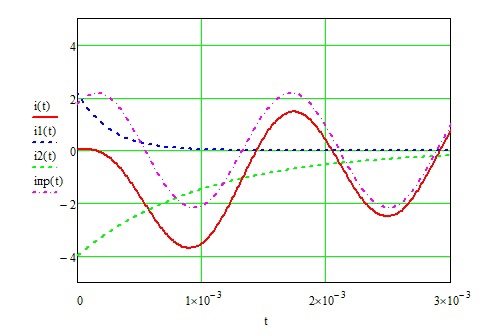
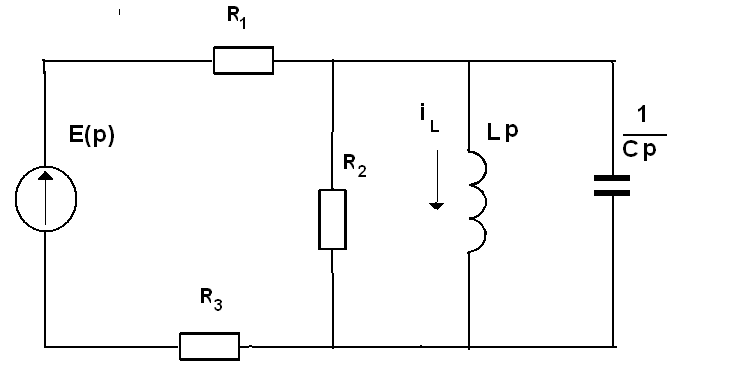


График принужденной и свободных составляющих тока при гармоническом источнике ЭДС



# Задание 4

Для данной цепи определить комплексную передаточную характеристику (комплексную передаточную проводимость или комплексный коэффициент передачи по напряжению); рассчитать и построить графики амплитудно-частотной и фазочастотной характеристик



Найдем операторную характеристику цепи

Ток индуктивности

IL(p) =

Операторная передаточная проводимость

Комплексная передаточная проводимость (заменяем p на j)

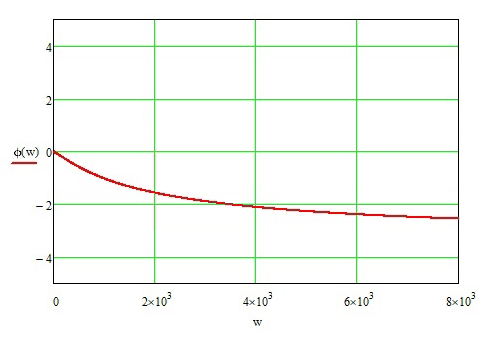
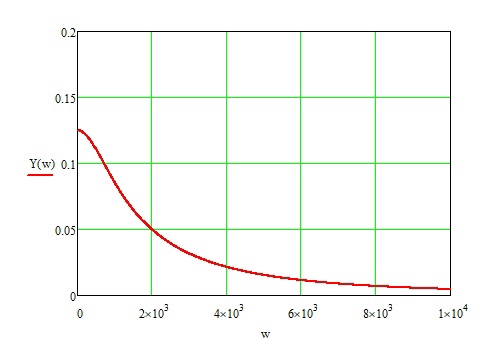
(jω) = =

Амплитудно-частотная характеристика

Y(ω) =

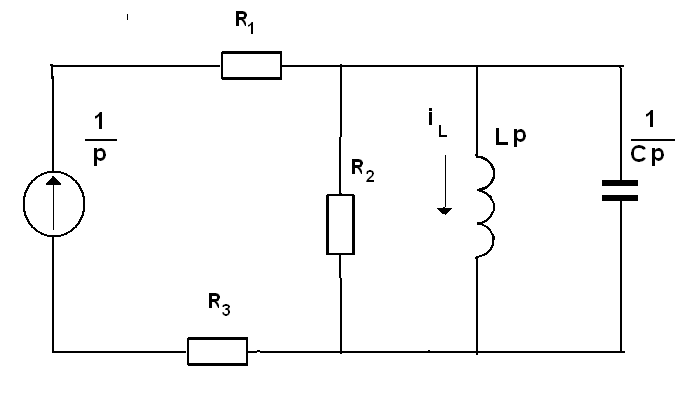
Фазочастотная характеристика

ф(ω) = - arctg ( )



# Задание 5

Используя операторный метод, определить временные характеристики цепи: переходную **h(t)** и импульсную **g(t)** и построить их графики.



По определению переходная характеристика – реакция на входной единичный сигнал 1(t) при нулевых начальных условиях.

Выше былa найденa операторная комплексная передаточная проводимость:

,

p= 0

p1= -4000

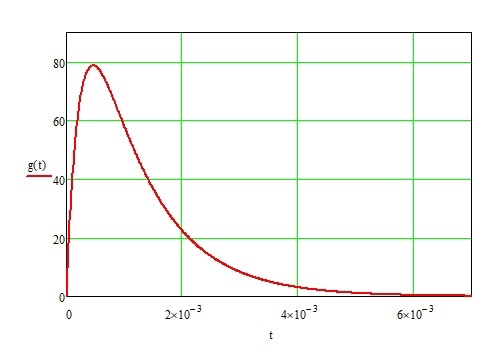
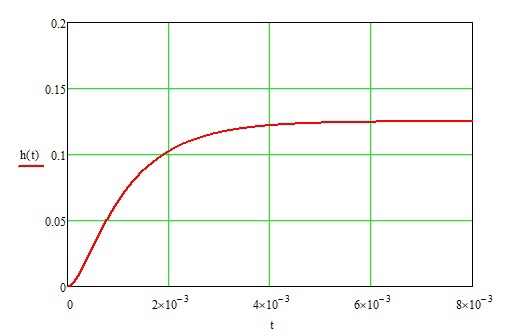
p2= -1000

h(t) = 0,125 + 0,0416 \* - 0,16 \*

импульсная g(t) характеристика

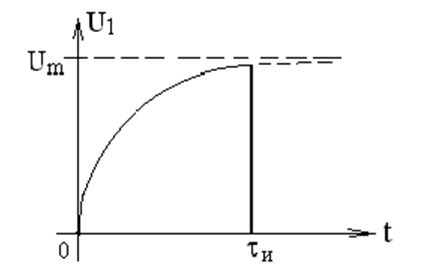
g(t) = h’(t) = 0,04167 \*(\*- 0,16667\*()\* =

= -166,7\* + 166,7\*



# Задание 6

Используя интегралы Дюамеля, рассчитать и построить отклик цепи на импульсный сигнал, поданный на вход вместо постоянной ЭДС.



u(t) = Um\*(1 - )

Переходная характеристика

h(t) = + +

импульсная характеристика

g(t) = \* +\*

Интеграл Дюамеля

Запаздывающая переходная характеристика

h(t-τ) = + +

1-й интервал

0 t τи

- \* + + \*\*\* –

-\*\*\* + \*\*\* – \*\*\* =

= + (- - \*\* - \*\* )\* + \*\*\* + \*\*\*

Заменим А0 = -А1-А2

iL(t) = - \* - \* +(\*\* +\*\*)\*+ \*\*\* + \*\*\*

2-й интервал

t τи

U(t)

- \*\* +\* - \*\* \* \* + \*\* \* –

-\*\* \* \* + \*\* \* -

- \* - \*\*\* - \*\*\* +

+ \*\* + \*\*\* + \*\*\*=

= \*(\* + - +) \*+

+\*(\* + - +)\*

Метод наложения

1-й интервал

0 t τи

u() = Um\*(1 - )

Совпадает с интегралом Дюамеля

2-й интервал

t τи

\*(\* + - +) \*+

+\*(\* + - +)\*

Совпадает с интегралом Дюамеля

При построении графика отклика цепи на импульсный сигнал был использован MathCad

