|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Контрольная работа №3** | [назад](file:///D%3A%5C%D0%92%D1%81%D1%8F%D0%BA%D0%BE%D0%B5%5C%D0%A1%D0%B8%D0%B1%D0%93%D0%A3%D0%A2%D0%98%5C2%20%D1%81%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D1%81%D1%82%D1%80%5C%D0%98%D0%BD%D0%B4.%20%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D0%BD%5C%D0%AD%D0%BB.%D1%82%D0%B5%D1%85%5CCOURSE221%5Ckr.htm) |   |

Задача 3.1

Задача посвящена анализу переходного процесса в цепи первого порядка, содержащей резисторы, конденсатор или индуктивность. В момент времени *t* = 0 происходит переключение ключа *К*, в результате чего в цепи возникает переходной процесс.

1. 1. Перерисуйте схему цепи (см. рис. 3.1) для Вашего варианта (таблица 1).
2. 2. Выпишите числовые данные для Вашего варианта (таблица 2).
3. 3. Рассчитайте все токи и напряжение на *С* или *L* в три момента времени *t*: , , ∞.
4. 4. Рассчитайте классическим методом переходный процесс в виде , ,  в схемах 1 – 5, , ,  в схемах 6 – 10. Проверьте правильность расчетов, выполненных в п. 4, путем сопоставления их с результатами расчетов в п. 3.



1. Постройте графики переходных токов и напряжения, рассчитанных в п. 4. Определите длительность переходного процесса, соответствующую переходу цепи в установившееся состояние с погрешностью 5%.
2. 6. Рассчитайте ток  операторным методом.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Варианты | *С*, нф или *L*, мГн | , кОм | , кОм | , кОм | *Е*, В |
| От 10 до 19 | 10 | 1 | 1 | 1 | 5 |

**Решение (Пример оформления)**

1. Находим токи *i1*, *i2*, *i3* и напряжение *uL* в три момента времени *t* = *0–*, *0+*и ∞.



1.1. Момент *t* = *0–*. Он соответствует стационарному состоянию цепи до коммутации. В этом состоянии резистор *R2* закорочен ключом *К* и не влияет на работу цепи. Сама схема (рис.) представляет собой цепь, в которой *uL*(*0–*) = 0, поэтому она может быть рассчитана по следующим формулам:

$i\_{1}\left(0\\_\right)=\frac{E}{R\_{1}+R\_{3}}=\frac{5}{2\*10^{3}}=2.5\*10^{-3} $*A=2.5 mA*

****

****

1.2. Момент *t* = *0+*. Это первое мгновение после размыкания ключа. В соответствие с законом коммутации

****

Остальные величины находим путем составления и решения системы уравнений по законам Кирхгофа, описывающих электрическое состояние цепи в момент *t = 0+* (рис. 3.2 *б*):

****

После числовых подстановок с учетом (3.1) получим:

****

Решая систему, находим:



|  |
| --- |
| Рис. 3.3 |

1.3. Момент *t* = ∞. Означает новое стационарное состояние цепи после окончания переходного процесса. Внешне схема цепи при *t* = ∞ соответствует рис. 3.2 *б*, причем , а токи рассчитываются по формулам:

****

****

2. Расчет токов *i2*(*t*), *i3*(*t*) и напряжения *uL*(*t*) после коммутации классическим методом.

Переходный процесс в цепях первого порядка (с одним реактивным элементом) описывается уравнением вида



где *fпр= f*(∞) – принужденная составляющая искомой величины, равная ее значению при *t* = ∞; *fсв*(*t*) – свободная составляющая; *A* – постоянная интегрирования; *р* – корень характеристического уравнения, определяющий в конечном итоге длительность переходного процесса. Так как *р* является общей величиной для всех токов и напряжений в конкретной цепи, то расчет переходного процесса целесообразно начать с определения *р*.

2.1. Характеристическое уравнение для расчета *р* составляется по операторной схеме замещения, отражающей работу цепи после коммутации, и показанной на рис. 3.3.

****

Принимая *Z*( *p*) = 0, получим характеристическое уравнение

****

Решение уравнения дает корень



Величина

****

называется постоянной времени цепи.

2.2. Расчет *i2*(*t*).

В соответствии с (3.3) запишем:

****

Учтем, что *i2пр= i2*(∞) = 3 мА. Величину *A1* найдем из рассмотрения *i2*(*0+*) с учетом независимого начального условия (3.1):

****

Откуда *A1* = 1,6 – 3 = –1,4. Тогда



2.3. Расчет *uL*(*t*).

Воспользуемся законом Ома для индуктивности



2.4. Расчет *i3*(*t*). Ведется аналогично расчету *i2*(*t*).

****

****



2.5. Проверка правильности расчетов производится путем анализа выражений (3.6), (3.7) и (3.8) в моменты времени *t* = 0 и ∞.

 

 

 

Полученные значения всех величин совпадают с результатами расчетов в п. 1.

3. Построение графиков переходного процесса.

Для построения графиков необходимо составить таблицу значений *i2*(*t*), *i3*(*t*), *uL*(*t*) в различные моменты времени (таблица 3).

Таблица 3

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *t* | 0 | 0,5*τ* | ***τ*** | 1,5*τ* | 2*τ* | 3*τ* | 4*τ* |
| *t*, мкс | 0 | 1,4 | 2,8 | 4,2 | 5,6 | 8,4 | 11,2 |
| , мА | 1,6 | 2,16 | 2,5 | 2,7 | 2,8 | 2,93 | 2,97 |
| , мА | 1,85 | 1,71 | 1,63 | 1,58 | 1,54 | 1,51 | 1,5 |
| , В | 3,15 | 1,9 | 1,16 | 0,7 | 0,41 | 0,16 | 0,06 |



Рис. 3.4

Кривые *i2*(*t*) и *i3*(*t*) могут быть построены на одном графике. При выборе масштабных делений по осям графиков учитываются максимальные значения соответствующих величин. Для тока и напряжения целесообразно принять в 1 см по 1 мА и 1 В соответственно. Масштаб по оси времени определяется длительностью переходного процесса. Известно, что экспоненциальные функции за время *t* = 3*τ* изменяется на 95% от своего максимального значения. Тогда можно принять, что переходный процесс в цепях первого порядка заканчивается через 3*τ* с погрешностью 5%. Учитывая (3.5), получим для данной схемы *tпер.пр* = 3*τ* = 8,4 мкс. Для построения графика удобно принять масштаб по оси времени 2 мкс в 1 см.

4. Расчет тока *i2*(*t*) операторным методом.



Рис. 3.5

Для состояния цепи при *t* ≥ 0 (рис. 3.2) составляется операторная схема замещения, которая учитывает независимые начальные условия в виде дополнительных (расчетных) источников напряжения *LiL*(*0*) или *uC*(*0*)/*p*. В данной задаче таким источником будет *Li2*(*0*) (рис. 3.5).

Используя закон Ома, в операторной форме, запишем



где *Uab*( *p*) может быть найдено по методу узловых напряжений:



Подставляя (3.10) в (3.9), получим



После числовых подстановок



Используя теорему разложения, найдем оригинал тока:



которое совпадает с выражение (3.6), полученным классическим методом.