КУРСОВАЯ РАБОТА

по курсу «Теоретические основы электротехники»

на тему

Исследование переходных процессов в линейных электрических цепях с сосредоточенными параметрами

ОГЛАВЛЕНИЕ

ЗАДАНИЕ НА КУРСОВУЮ РАБОТУ

. РАСЧЕТ ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

.1 Расчет цепи классическим методом

.2 Расчет цепи операторным методом

.3 Сравнение результатов расчета

. РАСЧЕТ ЦЕПИ СИНУСОИДАЛЬНОГО ТОКА

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

ЗАДАНИЕ НА КУРСОВУЮ РАБОТУ

расчет постоянный ток синусоидальный цепь

1. Используя данные табл. 1 и схему, представленную на рис. 1, необходимо:

1.1. Определить классическим методом переходное значение тока iR1 на этапах последовательного срабатывания коммутаторов K1 и K2;

1.2. Определить операторным методом переходное значение тока iR1 на первом этапе (сработал только коммутатор K1);

.3. Сравнить результаты расчетов классическим и опреаторным методом и оценить погрешность расчетов;

.4. Постороить график зависимости найденного тока iR1 в функции от времени.

2. Используя исходные данные (табл. 2) определить, в какой момент времени ток через обмотку электромагнита с параметрами L и R, включаемую на синусоидальное напряжение Umsin(314t + y) достигает максимального значения. Найти при этом его амплитуду и построить кривую этого переходного тока.

Таблица 1. Исходные данные к первой части курсовой работы

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Е, В | R1, Ом | R2, Ом | R3, Ом | R4, Ом | L, мГн | C, мкФ |
| 70 | 4 | 0,1 | 2 | 4 | 10 | 5000 |

Таблица 2. Исходные данные ко второй части курсовой работы

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| y, градус | Um,, В | L, Мгн | R, Ом |
| 90 | 127 | 400 | 10 |

 R

Рис. 1. Расчетная схема для цепи постоянного тока

Рис. 2. Расчетная схема для цепи переменного тока

1. РАСЧЕТ ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Расчет классическим методом.

Определим закон изменения тока на этапе после срабатывания ключа K1. При расчете классическим методом функция тока от времени записывается в виде суммы принужденной и свободной составляющих [2].

iR1(t) = iR1пр(t) + iR1св(t), (1.1)

где iR1пр(t) - принужденная составляющая тока; iR1св(t) - свободная.

Определим принужденную составляющую iR1пр(t), для чего составим схему замещения для установившегося режима , т.е. для момента времени t = Ґ. Из рис. 3 видно, что

iR1пр(t) = E / (R1 + R2 + R3) = 70 / (4 + 2 + 4) = 7 А, (1.2)

где R1, R2, R3,- активные сопротивления соответствующих резисторов схемы; E - э. д. с. источника напряжения.

Определим свободную составляющую тока, для чего понадобятся значения показателей затухания. Найдем показатели затухания, записав выражение для характеристического сопротивления цепи после коммутации и приравняв его к нулю. Схема замещения для определения характеристического сопротивления представлена на рис. 4.

Z(p) = R3 + R4 + pL + R1(R2 + 1/Cp)/R1 + R2 + 1/Cp = 0;

Рис. 3. Схема замещения для установившегося режима (t = Ґ)

Рис. 4. Схема замещения для определения характеристического сопротивления Z (p)

Подставляя численные значения сопротивлений, индуктивности и емкости из табл. 1, получим:

2 + 4 + 10Ч10-3p + 4Ч(0,1 + )/4 +0,1 + = 0;

Решая полученное уравнение относительно p, мы найдем показатели затухания свободной составляющей:

p1 = -573,475;2 = -85,061;R1св(t) = A1e-573,475 t + A2e - 85,061 t, A (1.3)

В данном выражении A1 и A2 - постоянные интегрирования.

Подставляя найденные значения принужденной и свободной составляющей в выражение (1.1), получим выражение для тока iR1(t) при переходном процессе:

iR1(t) = 7 + A1e-573,475 t + A2e-85,061 t, A; (1.4)

Выражение (1.3) имеет две неизвестные величины. Для их нахождения продифференцируем его по времени и составим систему:

iR1(t) = 7 + A1e-573,475 t + A2e-85,061 t, R1(t)/dt = -573,475A1e-573,475 t - 85,061A2e-85,061 t ; (1.5)

В момент коммутации, т.е. при t = 0, система (1.5.) принимает вид:

iR1(0) = 7 + A1 + A2 , R1(t)/dt t=0 = -573,475A1 - 85,061A2 ;  (1.6)

Рис. 5 Схема замещения для времени непоcредственно после коммутации t = 0+

Рис. 6 Схема замещения для t = 0-

Рис. 7 Послекоммутационная схема

Рис. 8. Схема замещения для t = Ґ

Определим UC(0-) и iL(0-), используя схему замещения, представленную на рис. 6: UC(0-) = Е = 70, В

iL(0-) = 0, А.

Так как величина iR1(t) обладает зависимыми начальными условиями, то ее значение iR1 (0) определим из рис. 5 для t = 0+ .

JL = iL (0) = 0, AC = UC (0-) = 70, BR1 (0+) = (E - EC)/ (R1 + R2) = 0, A.

Для определения производной тока составим уравнения по I и II законам Кирхгофа для послекоммутационной схемы, представленной на рис. 7.

UC + iCR2 + IR1R1 = E,C + iL = iR1;

(diR1/dt)R1 + dUC/dt + (diC/dt)R2 = 0,C/dt + diL/dt = diR1/dt;C/dt = diR1/dt - diL/dt ,R1/dt = ( R2 - )/R1 + R2; L(t)/dt t=0 = UL(0)/L,C(t)/dt t=0 = iC(0)/C;L(0) и iC(0) определим из рис. 5 для t = 0+.

iC(0) = 0, UL(0) = E = 70, B.L(t)/dt | t=0 = 70/0,01=7000,C(t)/dt | t=0 = 0;R1/dt = 7000Ч0,1/4 + 0,1 = 170,73

= 7 + A1 + A2,

,73 = -573,475А1 - 85,061А2;1 = 0,8695,2 = -7,8695.R1 (t) = 7 + 0,8695e - 573,475t -7,8695e - 85,061t , A.

Определим время срабатывания коммутатора К2.

t1 = 1,5 / |Pmin| = 1,5 / 85,061 = 1,7634Ч10-2 , c.

iR1 (t-t1) = iR1пр (t-t1) + iR1св (t-t1).

Принужденную составляющую найдем из рис. 8 для t = Ґ.

iR1пр (t-t1) = E/R1 + R3 = 70/4 +2 = 70/6 = 11,67, A.

Определим показатели затухания, используя рис. 9 для определения Z(p).

Z(p) = R3 + R1Ч(1/Cp + R2 )/R1 + R2 + 1/Cp = 0;

+ 4(0,1 + 200/p)/4,1 + 200/p = 0;= - 139,535;R1св (t-t1) = А3e -139,535 ( t - t1) , A; R1 (t-t1) = 11,67 + А3e -139,535 ( t - t1) , A; R1 (t-t1) t = t1 = 11,67 + А3 , A;

Значение тока iR1 в момент времени t1 определим из рис. 10 для t = t1+

I11 (R1 + R2) - I22(R2) = E - EC,22 (R2 + R3) - I11(R2) = EC; где EC = UC (t1).

Необходимо знать закон изменения UC (t) на первом интервале:

UC(t) = UC пр(t) + UC св(t);

Из t = Ґ находим UC пр(t) = E - iRпр (t) = 70 - 7 = 63, В.

Uc св (t) = A4e -573,475 t + A5e - 85, 061 t, B;c (t) = 63 + A4e -573,475 t + A5e - 85, 061 t, B;c (0) = 63 + A4 + A5 ,c /dt t=0 = -573,475 A4 - 85,061 A5;

Из рис. 6 для t = 0- находим Uc (0).

Uc (0) = Uc (0-) = 70, В

dUc /dt t=0 = iС (0)/С = 0, В/с

= 63 + A4 + A5 ,

= -573,475 A4 - 85,061 A5;

Отсюда следует, что А4 = -1,2191; A5 = 18,2191.

UC(t) = 63 -1,2191e -573,475 t + 18,2191e - 85, 061 t, B;

UC(t1) = 63 -1,2191e -573,475 t Ч 1,7634 Ч 10 + 18,2191e - 85, 061 tЧ 1,7634 Ч 10= 64,834, B;11 (R1 + R2) - I22R2 = E - EC,22 (R2 + R3) - I11R2 = EC; 11 Ч 4 - I22Ч 0,1 = 70 - 64,834,22 Ч 2,1 - I11 Ч 0,1 = 64,834; 11 = 2,01536,22 = 30,969;R1 (t-t1) t = t1 = I11 = 2,01536;

,01536 = 11,67 + А3 ;

А3 = 2,01536 - 11,67 = - 9, 65464, A;R1 (t-t1) = 11,67 - 9, 65464e - 139, 535( t - 1, 7634 Ч 10), A;

Рис. 9. Схема замещения для определения Z(p)

Рис. 10. Схема замещения для t = t1+

1.2 Расчет операторным методом

Из рис. 6 для t = 0- : C(0-) = 70, В

iL(0-) = 0, А.

Составляем операторную схему замещения, приведенную на рис. 11

I11 (p)(R1 + R2 + 1/Cp) - I22(p)(R2 + 1/Cp) = E/p - UC(0)/p22 (p)(R2 + R3+R4+1/Cp+pL) - I11(p)(R2 + 1/Cp) = UC(0)/p;11 (4,1+ 200/p) - I22(p)(0,1 + 200/p) = 022 (6,1+ 200/p+0,01p) - I11(0,1 + 200/Cp) = 70/p;

11= 7000Ч(p + 2000) / p Ч(2700p+ 41p2+0,2Ч107), A;R1(p)= 7000Ч(p + 2000) / p Ч(41p2 + 2700p +0,2Ч107), A;R1(p)= 170,73Ч(p + 2000) / p Ч(41p2 + 2700p +0,2Ч107), A;(p) = p (p2 + 658,536p + 48780,488);`(p) = 3p2 + 1317,072p + 48780,488;

M(p) = 0;

p1 = 0; p2 = -573,475; p3 = -85,061.

Перейдем от изображения к оригиналу:

IR1(t) = [N(p)/M`(p)]e pt | p=0 + N(p)/M`(p)Ч e pt| p=-573,475 + N(p)/M`(p)Ч e p t| p=-85,061 =

= [170,73 (0+2000)/3Ч0+1317,072Ч0+48780,488] Ч e p t + [170,73(-573,475+2000)/

/ 3Ч (-573,475)2 + 1317,072 Ч (-573,475) + 48780,488] Ч e-573,475t + [ 170,73 (-85,061+2000)/3Ч(-85,061)2 + 1317,072Ч (--85,061) +48780,488] Ч e - 85,061 t = 6,99993 + 0,8695 e-573,475t - 7,8695 e - 85,061 t, A;R1(t) = 7 + 0,8695 e-573,475t - 7,8695 e - 85,061 t, A;

Рис. 11. Операторная схема замещения

Проверка:

 IR1(t) = pIR1(p),

 IR1(t) = pIR1(p);

 IR1(t) = 0,

 IR1(t) = 7;

pIR1(p) = 0,

pIR1(p) = 7;

Построим график зависимости значений тока в функции от времени

t2 = 1 / |p| = 1 / 139,535 = 0,00717 c.

Считаем, что переходный процесс после срабатывания К2 закончится через время

t = 5Ч t2 = 5Ч 0,00717 = 0,0358 c.

Шаг приращения на интервале (0 ≤ t ≤ t1)

Δ t1 = t1/60 = 1,7634Ч10-2/60 = 0,0002939 c.

Шаг приращения на интервале (t ≥ t1)

Δ t1 = 0,1Ч t2 = 0,1Ч 0,000717 = 0,000717 c.

График изображен на рис. 12.

1.3 Сравнение результатов расчета

Значение, рассчитанное классическим методом

iR1(t) = 7 + 0,8695 e-573,475t - 7,8695 e - 85,061 t, A;

Значение, рассчитанное операторным методом

iR1(t) = 7 + 0,8695 e-573,475t - 7,8695 e - 85,061 t, A;

Сравним постоянные интегрирования А1 и А2:

[(0,8695 - 0,8695) / 0,8695] Ч 100% = 0%;

[(- 7,8695 + - 7,8695) / ( - 7,8695)] Ч 100% = 0%;

Погрешность вычислений не превышает 5%, следовательно, расчет выполнен верно.

Рис. 12. График значений тока iR1 (t)

2. РАСЧЕТ ЦЕПИ СИНУСОИДАЛЬНОГО ТОКА

Построим схему замещения электромагнита и схему для t = Ґ, которые приведены на рис. 13 и рис. 14.

U(t) = Umsin(314t + y) = 127 sin(314t + 90), B;(t) = iпр(t) + iсв(t); пр(t) = Um /ZЧsin(wt+y-j);

, Ом;

j = arctg (wL/R) = arctg (314Ч400Ч10-3/10) = 85,45°;(p) = R + pL = 0;= -R/L = -10/400Ч10-3 = -25; св(t) = Ae-25t, A(t)= (Um /Z)Чsin(wt+y-j) + Ae-25t = (127/10,77)Чsin(314t+90-85) + Ae-25t =

=11,79sin(314t+5) + Ae-25t , A;

По первому закону коммутации ток не может измениться скачком, т.е.

i(0) = 11,79sin5 + A;(0) = 0;= -11,79sin5 = -1,0276 e-25t, A.

Найдем максимальное значение тока:

i`(t) = 3702,06cos(314t+5) + 25,69 e-25t,

i`(t) = 0;

t = 0,0147144

imax = -12,501183295, A

Определим постоянную времени.

t3 = L/R = 400Ч10-3/10 = 0,04 c.

Шаг приращения будет :

Dt = 0,1 τ3 = 0,1 · 0,04 = 0,004 c.

Рис. 13 Схема замещения электромагнита

Рис. 14 Схема замещения для t = ∞

Рис. 15. График переходного тока

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе был проведен анализ переходных процессов в цепях постоянного и переменного тока, содержащих реактивные элементы. Установлено, что в цепи постоянного тока после срабатывания первого ключа переходный процесс носит апериодический характер. На втором этапе, после срабатывания ключа К2, наблюдается скачок тока через сопротивление R1, после этого переходный процесс носит также апериодический характер. При расчете операторным методом получено то же значение тока, что и при расчете классическим методом. Погрешность расчета не превышает 5%.

При анализе цепи переменного тока найдена функция изменения тока при подключении электромагнита к источнику переменного синусоидального тока.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бойчевский В.И. Методические указания к курсовой работе №2 по теоретическим основам электротехники «Исследование переходных процессов в линейных цепях с сосредоточенными параметрами.» / Липецкий государственный технический университет; Сост. В.И. Бойчевский, А.Н. Шпиганович. Липецк, 1997 г. - 16 с.

2. Зевеке Г.В. Основы теории цепей. / Г.В. Зевеке, П.А. Ионкин, А.В. Нетушил, и др. - М.: Энергия, 1975 г. - 752 с.

. Бессонов Л.Н. / Теоретические основы электротехники. - М.: Высшая школа, 1973 г. - 750 с.