Операторный метод

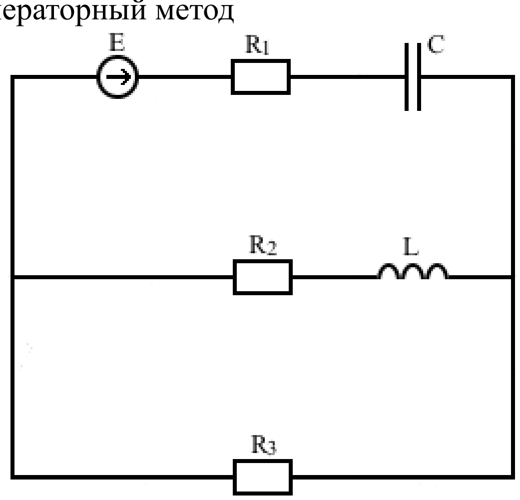

Рис.1

Исходные данные

E=103 В. w=10000 рад/с. r_1=60 Ом. r_2=17 Ом.

r_3=34 Ом. L=0.025 Гн. C=9.8E-7 Ф.

В эквивалентной схеме цепи для расчёта независимых начальных условий, изображённой на рис.2, реактивные элементы показаны как короткое замыкание и обрыв.

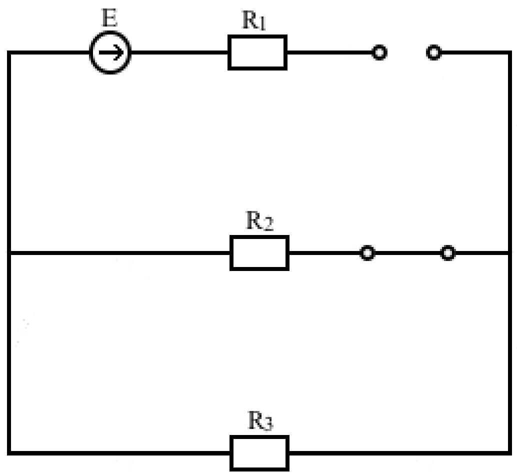

Рис. 2

Ток в ветви с индуктивностью будет равен

$i_L(0-)=E/(r_2+r_3)=2.02$ А.

Напряжение на ёмкости будет равно

$u_C(0-)=i_L(0-)*r_3=68.667$ В.

Ток в индуктивности и напряжение на ёмкости в момент коммутации не могут измениться скачком. Следовательно,

$i_L(0-)=i_L(0+)=2.02$ А.

$u_C(0-)=u_C(0+)=68.667$ В.

Операторная схема замещения

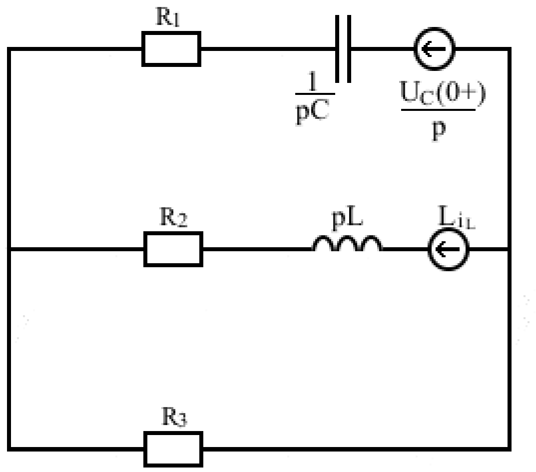

Рис.3

Расчитаем схему методом контурных токов

$(r_1+r_3+1/pC)I_{11}(p)+r_3I_{22}(p)=u_C(0+)/p$

$r_3I_{11}(p)+(r_2+r_3+pL)I_{22}(p)=Li_L(0+)$

Выразим $I_{11}(p)$ и $I_{22}(p)$

$I_{11}(p)=((r_2+r_3+pL)*u_C(0+)/p-r_3*Li_L(0+))/((r_2+r_3+pL)*(r_1+r_3+1/pC)-r_3*r_3)$

$I_{22}(p)=(Li_L(0+)*(r_1+r_3+1/pC)-u_C(0+)/p*r_3)/((r_2+r_3+pL)*(r_1+r_3+1/pC)-r_3*r_3)$

Подставив численные значения, получим

$I_{11}(p)=(0p+1490.213)/(p^2+12403.491p+22145028.224)$,

$I_{22}(p)=(2.02p+20930.188)/(p^2+12403.491p+22145028.224)$.

Выражение для операторного напряжения на ёмкости запишется в виде

$U_C(p)=U_C(0+)/p+1/(pC)*I_{11}(p)$.

После подстановки получим

$U_C(p)=68.667/p+(0p+1520625271.385)/p(p^2+12403.491p+22145028.224)$

Для тока в индуктивности запишем:

$M(p)=2.02p+20930.188$;

$N(p)=p^2+12403.491p+22145028.224$;

$N'(p)=2p+12403.491$.

Решая характеристическое уравнение $p^2+12403.491p+22145028.224=0$, находим два корня

$p_1=-2162$

p_2=-10241

При этом ток в индуктивности в соответствии с теоремой разложения запишется в виде

$i_L(t)=M(p_1)/N'(p_1)e^{p_1t}+M(p_2)/N'(p_2)e^{p_2t}$.

После подстановки численных значений и выполнения всех преобразований получим

$i_L(t)=2.0502e^{-2162t}-0.0306e^{-10241t}$

Переходное напряжение на ёмкости вычислим используя полученное раньше изображение $U_C(p)$. Сумме изображений

$U_C(p)=U_1(p)+U_2(p)$

будет соответствовать сумма оригиналов

$u_C(t)=u_1(t)+u_2(t)$.

Введём обозначения:

$U_1(p)=68.667/p$; $U_2(p)=(0p+1520625271.385)/p(p^2+12403.491p+22145028.224)=M(p)/N(p)$.

Изображению $U_1(p)$ в области оригиналов будет соответствовать константа $u_1(t)=68.667$.

Оригинал $u_2(t)$ определим используя теорему разложения. Характеристическое уравнение N(p)=0 имеет три корня:

$p_1=0$; $p_2=-2162$; $p_3=-10241$;

Следовательно,

$u_2(t)=M(p_1)/N'(p_1)e^{p_1t}+M(p_2)/N'(p_2)e^{p_2t}+ M(p_3)/N'(p_3)e^{p_3t}$.

После подстановки численных значений и выполнения всех преобразований получим

$u_2(t)=-87.046e^{-2162t}+18.379e^{-10241t}+68.667$ В.

Складывая $u_1(t)$ и $u_2(t)$, находим полное переходное напряжение на ёмкости

$u_2(t)=-87.046e^{-2162t}+18.379e^{-10241t}$ В.

Графики переходных процессов по току на индуктивности $i_L(t)$ и понапряжению на ёмкости $u_C(t)$:

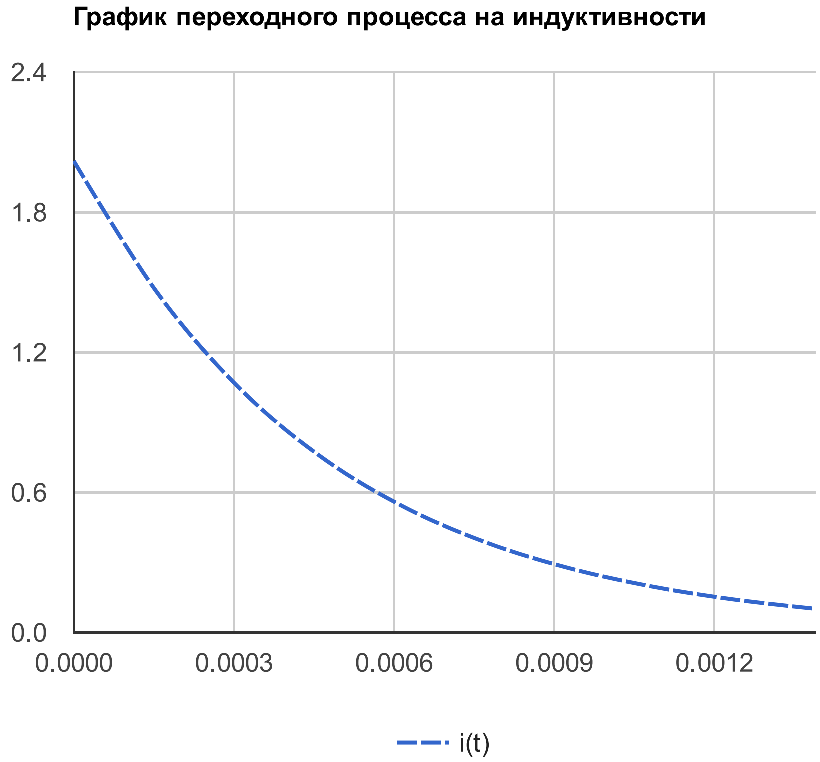
График переходного процесса на индуктивности
2.4
1.8
1.2
0.6
0.0
0.0000
0.0003
0.0006
0.0009
0.0012
i(t)

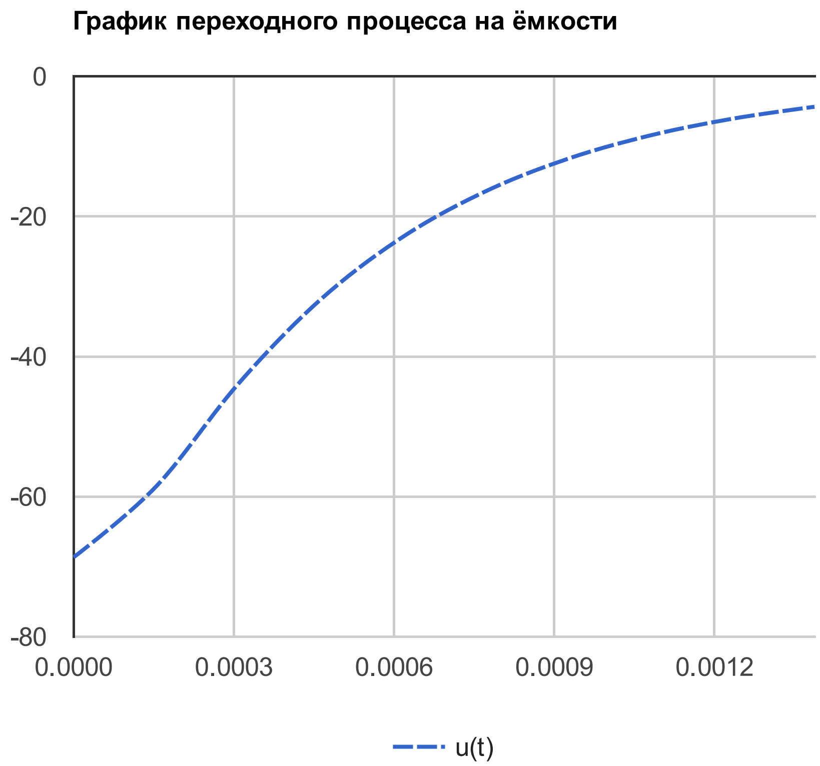
График переходного процесса на ёмкости
0
-20
-40
-60
-80
0.0000
0.0003
0.0006
0.0009
0.0012
u(t)