

Компьютерная часть

Решение проблем

Автор: Родькин Н.
С.

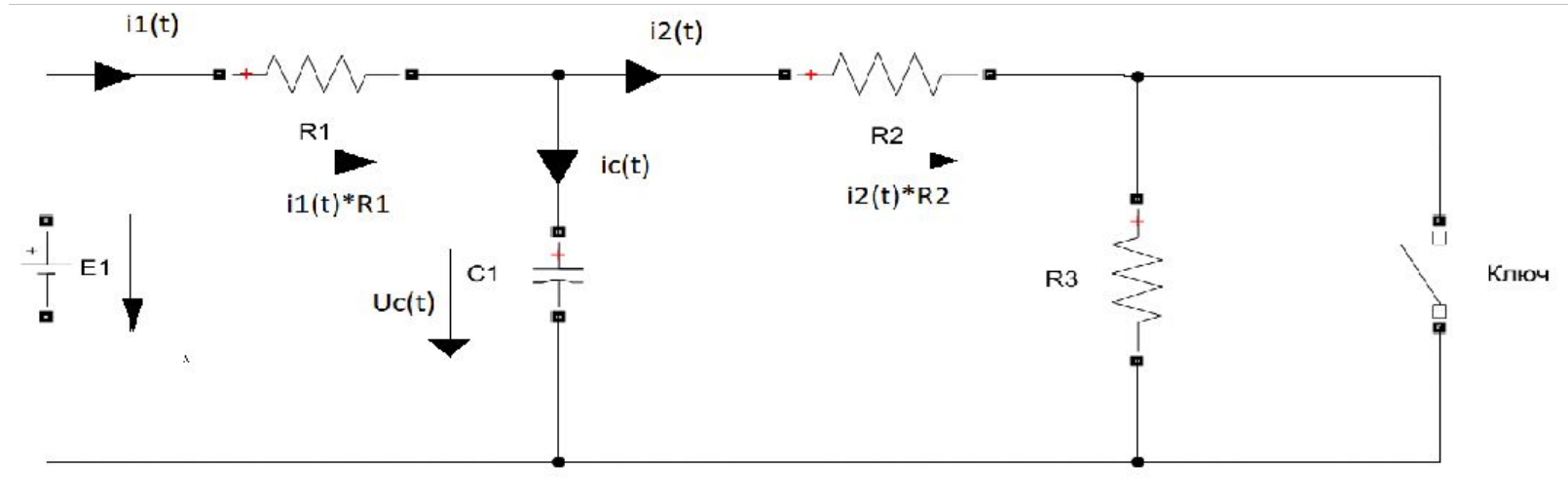
МЭ
И
2017

План работы

1. [Разбор ИДЗ 2](#)
2. [Разбор ИДЗ 3](#)
3. Разбор компьютерной части ТР №2.
МПС
4. Разбор ИДЗ 5

Что нужно сделать в ИДЗ 2

На примере Законов Кирхгофа



Запишем законы Кирхгофа для этой цепи после коммутации

$$i_1(t) = i_2(t) + i_c(t)$$

$$U_c(t) = i_2(t) R_2$$

$$i_1(t) = i_2(t) + i_c(t) = i_2(t) \frac{R_1 + R_2}{R_1} + i_c(t)$$

Решая систему, получаем $i_1(t) = \frac{E_1}{R_1} \frac{R_1 + R_2}{R_1 + R_2} + i_c(t)$

Здесь ничего переносить уже не нужно. Выразить нужно $\frac{E_1}{R_1 + R_2}$

$$U_c = U_{c1} \frac{U_c}{U_{c2}} + U_{c1} \frac{U_c}{U_{c2}} + U_{c2}$$

Получаем
$$\frac{U_c}{U_{c2}} = \frac{U_{c1} - U_{c2} \frac{U_c}{U_{c2}} - U_{c2}}{U_{c1} - U_{c2}}$$

умножаем на dt при $dU_c = U_c(k) - U_c(k-1)$

$$U_c(k) = U_c(k-1) - 1 + \frac{U_{c1} - U_{c2} \frac{U_c(k) - U_c(k-1)}{U_{c2}} - U_{c2}}{U_{c1} - U_{c2}} \frac{U_c(k) - U_c(k-1)}{U_{c2}}$$

Это итоговая формула для записи в матлаб

Программная часть ИДЗ 2

%Дано

clear all;

E = 120 ;%постоянное напряжение ЭДС

R1 = 20;%резистор №1

R2= 10;%резистор №2

R3=10;%резистор №3

C = 125e-6;%емкость конденсатора

%определяем постоянную времени

p= -(R1+R2)/((R1*R2)*C); % корень характеристического уравнения

tau = 1/abs(p); % постоянная времени

N = 1000; %количество точек для точности. Эту N трогать не будем

%Распишем два цикла для накопителя

% при большей точности чтобы сходилось

dt = 5*tau / (N); % приближение производной

%применение рекурсивного соотношения через цикл For. Решение явным методом Эйлера

Uc(1) = 60;% расчетное независимое начальное условие напряжения на конденсаторе

for k = 2:N

Uc(k) = Uc(k-1) + (E-Uc(k-1)*(R1/R2)-Uc(k-1))/(R1*C)*dt;

end

% конец цикла для большей точности

% при меньшей точности чтобы расходилось

NN= 4; %вот эту NN нужно менять чтобы видеть как все расходится

dt = 5*tau /(NN); % неточное приближение производной

%применение рекурсивного соотношения через цикл For. Решение явным методом Эйлера

Ucc(1) = 60;% расчетное независимое начальное условие напряжения на конденсаторе

for k = 2:NN

Ucc(k) = Ucc(k-1) + (E-Ucc(k-1)*(R1/R2)-Ucc(k-1))/(R1*C)*dt;

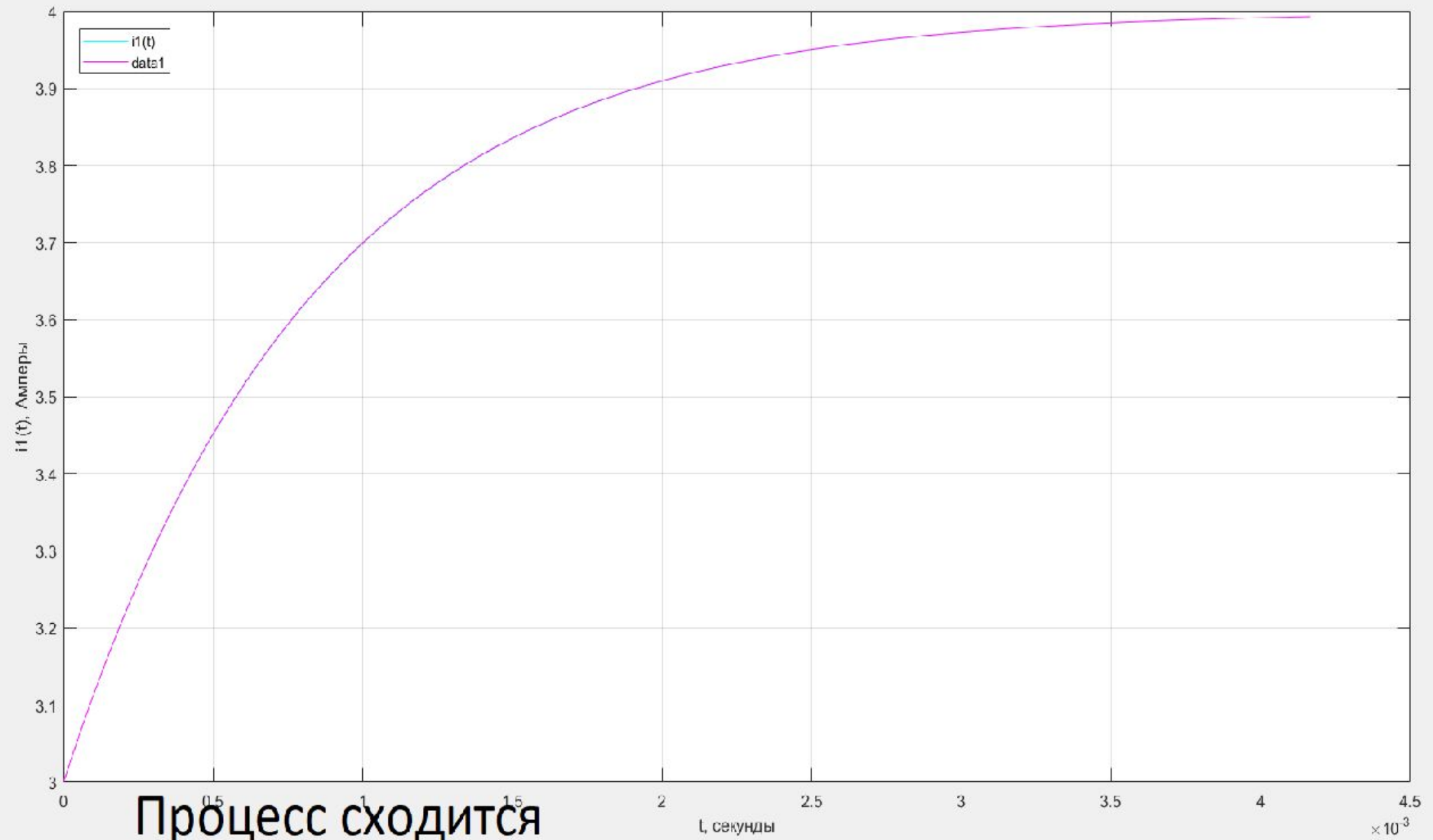
end

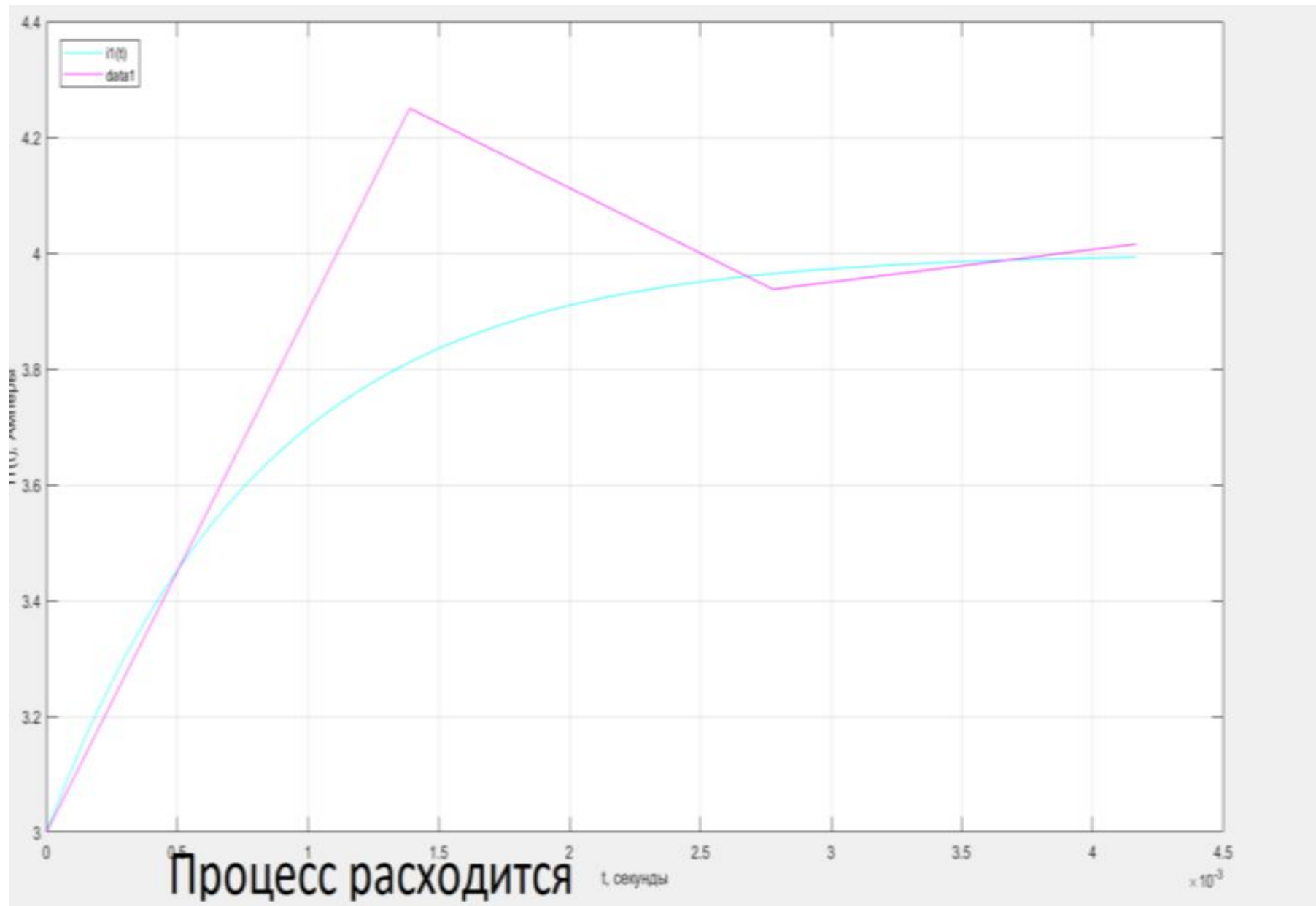
```
% 2 ЧАСТЬ. искомый ток на картинке i1(t)
i1toch = (E - Uc)./R1;% большая точность
i1toch1 = (E - Ucc)./R1;% меньшая точность
figure('Name','Ток i1 при разной точности','NumberTitle','off')
t = linspace(0,5*tau,N);%временной массив
plot(t,i1toch,'c'); % необходимый график тока на картинке
xlabel('t, секунды')
ylabel('i1(t), Амперы')
grid on
grid minor
legend ('show','Location','Northwest','i1(t)')
hold on;
legend ('show','Location','Northwest','i1(t)')
t2 = linspace(0,5*tau,NN);
plot(t2,i1toch1,'m'); % необходимый график тока на картинке
```

Проверьте себя

1. Если не сошлось , сперва проверяем разностную формулу
2. Проверьте цикл for. Что все $A(i)$ находятся слева и индексация начинается с 2. Что у вас идет один цикл до N другой до NN
3. И не забывайте о времени. Для того чтобы построить два графика с разным N , нужно чтобы время тоже разбивалось на разные N

Результаты программы





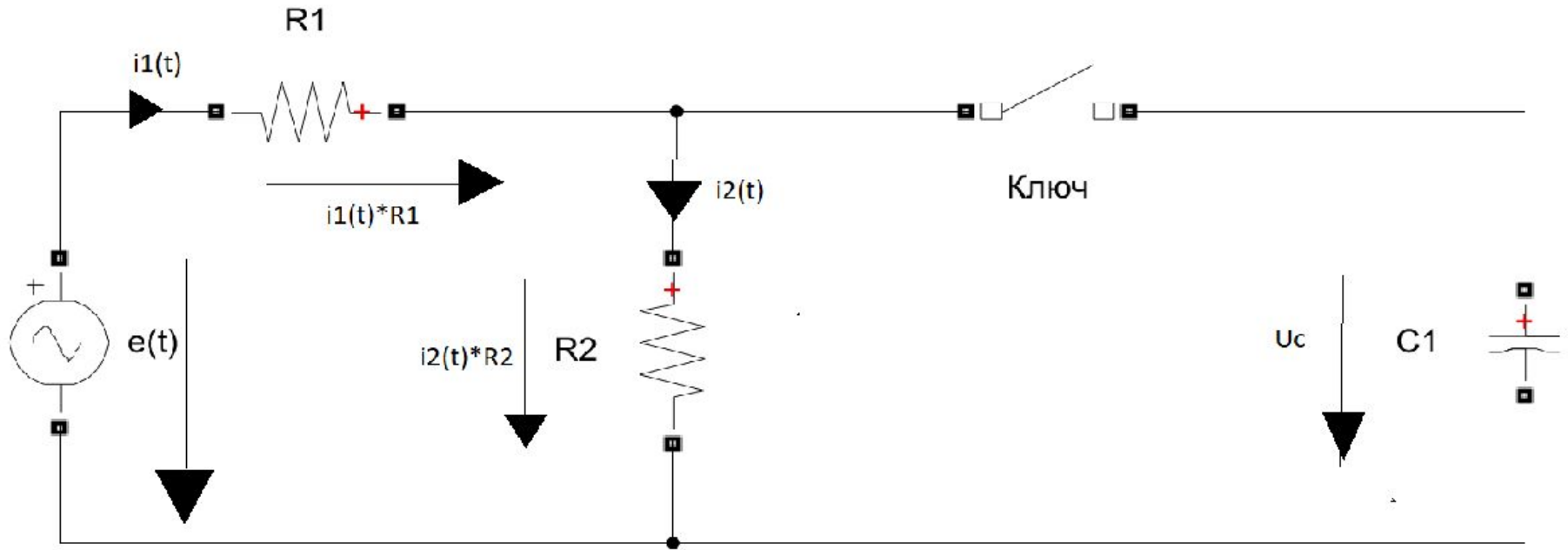
Процесс расходится

t, секунды

$\times 10^{-3}$

Что нужно сделать в ИДЗ 3

На примере: Решал законами Кирхгофа



Запишем законы Кирхгофа для этой цепи после коммутации

$$i_1 = i_2 + i_C$$

$$i_2 R_2 = U_C \quad \text{откуда} \quad i_2 = \frac{U_C}{R_2}$$

$$i_1 = i_2 + i_C = i_2 \frac{R_1 + R_2}{R_2} + i_C$$

$$\text{Решая систему, получаем} \quad i_1 = \frac{e(t)}{R_1 + R_2} + \frac{e(t)}{R_2} + \frac{e(t)}{R_1}$$

Нужно перенести все $U_c(k)$ влево

После преобразований получим
$$\frac{U_c(k)}{U_c(k)} = \frac{U_c(k) - U_c(k) \frac{1}{2} - U_c(k)}{U_c(k)}$$

U_c все еще справа, что нам не нужно

Теперь нужно учесть что $U_c(k) = U_c(k) - U_c(k)(1 - 1)$

Умножаем на dt и используем соотношение

$$U_c(k) = U_c(k) - 1 + \frac{U_c(k) - U_c(k) \left(\frac{1}{2} + 1 \right)}{U_c(k)}$$

Теперь $U_c(k)$ можно перенести влево

$$\begin{array}{c}
\boxed{\times \times \times \times} \boxed{\times \times} + \frac{\boxed{\times \times \times \times} (\boxed{\times \times}) \left(\frac{\boxed{\times \times} 1}{\boxed{\times \times} 2} + 1 \right)}{\boxed{\times \times} 1 \quad \boxed{\times \times}} \boxed{\times \times} \boxed{\times \times \times \times} = \boxed{\times \times \times \times} \boxed{\times \times} - 1 \boxed{\times \times} + \frac{\boxed{\times \times} \quad \boxed{\times \times} \quad \boxed{\times \times \times \times}}{\boxed{\times \times} 1 \quad \boxed{\times \times}}
\end{array}$$

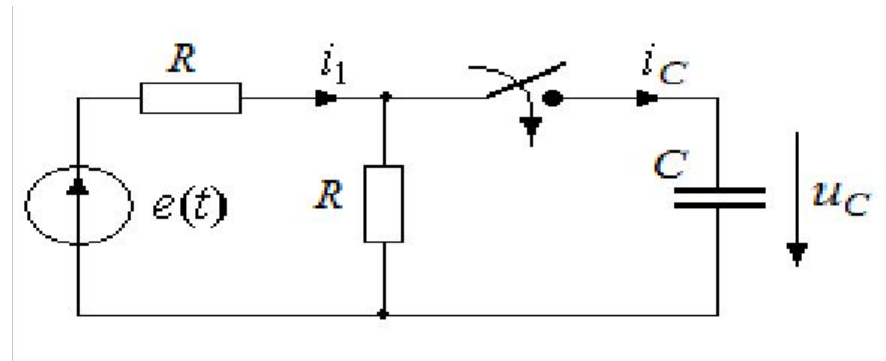
далее выношу за скобку $Uc(k)$ слева

$$\begin{array}{c}
\boxed{\times \times \times \times} \boxed{\times \times \times \times} \boxed{\times \times} \quad 1 + \frac{\boxed{\times \times} \frac{\boxed{\times \times} 1}{\boxed{\times \times} 2} + 1 \boxed{\times \times}}{\boxed{\times \times} 1 \quad \boxed{\times \times}} \boxed{\times \times} \boxed{\times \times \times \times} = \boxed{\times \times \times \times} \boxed{\times \times} - 1 \boxed{\times \times} + \frac{\boxed{\times \times} \quad \boxed{\times \times} \quad \boxed{\times \times \times \times}}{\boxed{\times \times} 1 \quad \boxed{\times \times}}
\end{array}$$

теперь делю чтобы слева осталось только $Uc(k)$

$$\begin{array}{c}
\boxed{\times \times \times \times} \boxed{\times \times \times \times} = \frac{\boxed{\times \times \times \times} (\boxed{\times \times} - 1) + \frac{\boxed{\times \times \times \times}}{\boxed{\times \times} 1 \quad \boxed{\times \times}}}{\boxed{\times \times} 1 + \frac{\boxed{\times \times} \frac{\boxed{\times \times} 1}{\boxed{\times \times} 2} + 1 \boxed{\times \times}}{\boxed{\times \times} 1 \quad \boxed{\times \times}}} \boxed{\times \times \times \times} \quad \text{Вот и все).}
\end{array}$$

Решение того же примера при помощи МЭГ



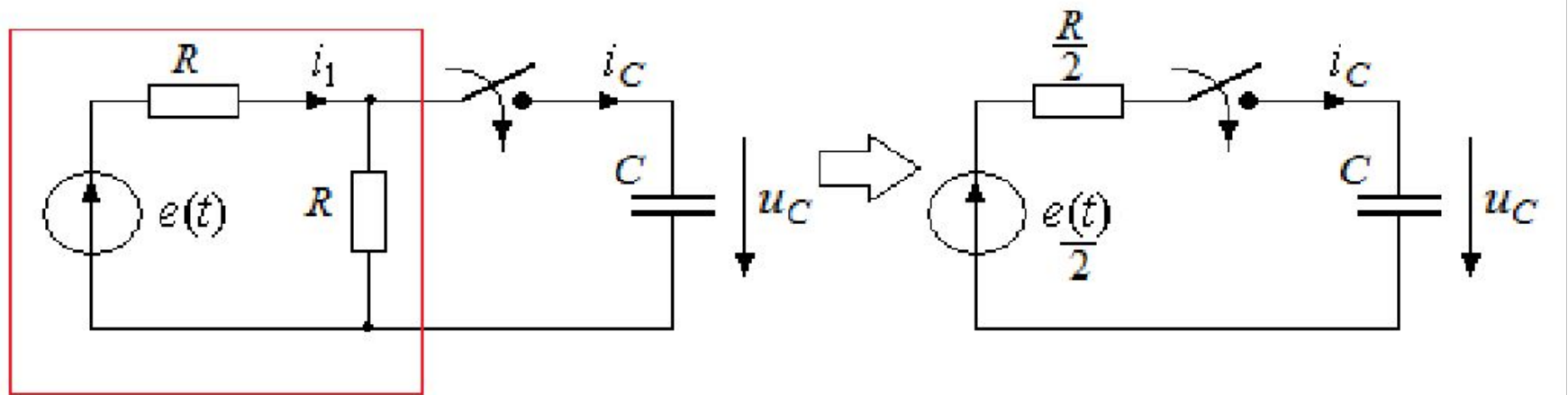
$$R = 40 \text{ Ом}, \quad C = 50 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}, \quad e(t) = 120 \sin(1000t - 30^\circ) \text{ В}. \quad i_1(t) = ?$$

Сначала, используя $i_C(t) = C \frac{du_C(t)}{dt}$, составим **уравнение состояния** $\frac{du_C(t)}{dt} = f(u_C, R, C, e(t))$ (1), затем **выходное уравнение**

$$i_1(t) = \varphi(u_C(t), e(t), R) \text{ (2)}.$$

По методу эквивалентного генератора левую часть (активный двухполюсник) можно преобразовать в

эквивалентный генератор с параметрами $e_s(t) = \frac{e(t)}{2}$ и $R_s = \frac{R}{2}$:



Уравнение для одноконтурной схемы: $\frac{e(t)}{2} = \frac{R}{2}i_c(t) + u_c(t)$ ИЛИ

$$\frac{e(t)}{2} = \frac{CR}{2} \frac{du_c(t)}{dt} + u_c(t).$$

Тогда $\frac{du_c(t)}{dt} = \frac{e(t)}{CR} - \frac{2}{CR}u_c(t)$ (1). Выходное уравнение $i_1(t) = \frac{e(t) - u_c(t)}{R}$

(2).

Составим итерационное уравнение по неявному методу

Эйлера, заменив $dt = h$, $du_c(t) = u_{ck+1} - u_{ck}$. Получим

$$\frac{u_{ck+1} - u_{ck}}{h} = \frac{1}{CR}e_k - \frac{2}{CR}u_{ck+1}, \text{ где } e_k = 120 \sin(1000kh - \frac{\pi}{6}).$$

Преобразуем уравнение: $u_{Ck+1} - u_{Ck} = \frac{h}{CR} e_k - \frac{2h}{CR} u_{Ck+1}$,

$$u_{Ck+1} + \frac{2h}{CR} u_{Ck+1} = \frac{h}{CR} e_k + u_{Ck}, \text{ ИЛИ}$$

$$u_{Ck+1} = \frac{\frac{h}{CR} e_k + u_{Ck}}{1 + \frac{2h}{CR}}, \quad u_{C0} = 0 \quad (1)$$

Для искомого тока $i_{1k} = \frac{e_k - u_{Ck}}{R} \quad (2)$

Это будет в матлаб запрошено

Программная часть ИДЗ 3

```
clear all;
```

```
Em = 120; % амплитуда напряжения синусоидального
```

```
E_phi = 30; % угол напряжения
```

```
R1 = 40; % резистор 1
```

```
R2 = 40;% резистор 1
```

```
C = 50*10^-6; % конденсатор
```

```
w= 1000; % угловая частота
```

```
%По формуле  $w = 2*\pi*f$  откуда  $f(\text{частота}) = w/2*\pi$ 
```

```
f = w/(2*pi);
```

```
%формула определения периода синусоидальных колебаний
```

```
T=1/f;
```

```
%Расчет dt
```

```
%определяем постоянную времени
```

```
p= -(R1+R2)/((R1*R2)*C); % корень характеристического уравнения
```

```
tau = 1/abs(p); % постоянная времени
```

```
h = 1000;%количество точек разбиения массива времени
```

```
tpr = max(3*tau,2*T);
```

```
t = linspace(0,tpr,h);% массив времени как его нужно было задать
```

```
e = Em * sin( w * t - E_phi * pi / 180);
```

```
dt = tpr / (h-1); % приближение производной
```

```
%применение рекурсивного соотношения через цикл For. Решение неявным  
методом Эйлера
```

```
%для накопителя
```

```
Uc(1) = 0;% расчетное независимое начальное условие напряжения на  
конденсаторе
```

```
for k = 2:h
```

```
Uc(k) = ( Uc(k-1) + (e(k)*dt)/(R1*C))/( 1 + ((R1/R2 + 1)/(R1*C))*dt);
```

```
end
```

```
% 2 ЧАСТЬ. искомый ток на картинке i1(t)
```

```
i1toch = ( e - Uc )./R1;% с точностью
```

```
figure('Name','Ток i1','NumberTitle','off')
```

```
plot(t,i1toch,'cyan'); % необходимый график тока на картинке
```

```
xlabel('t, секунды')
```

```
ylabel('i1(t), Амперы')
```

```
grid on;
```

```
grid minor;
```

```
figure('Name','Напряжение Uc','NumberTitle','off')
```

```
plot( t, Uc, 'red');
```

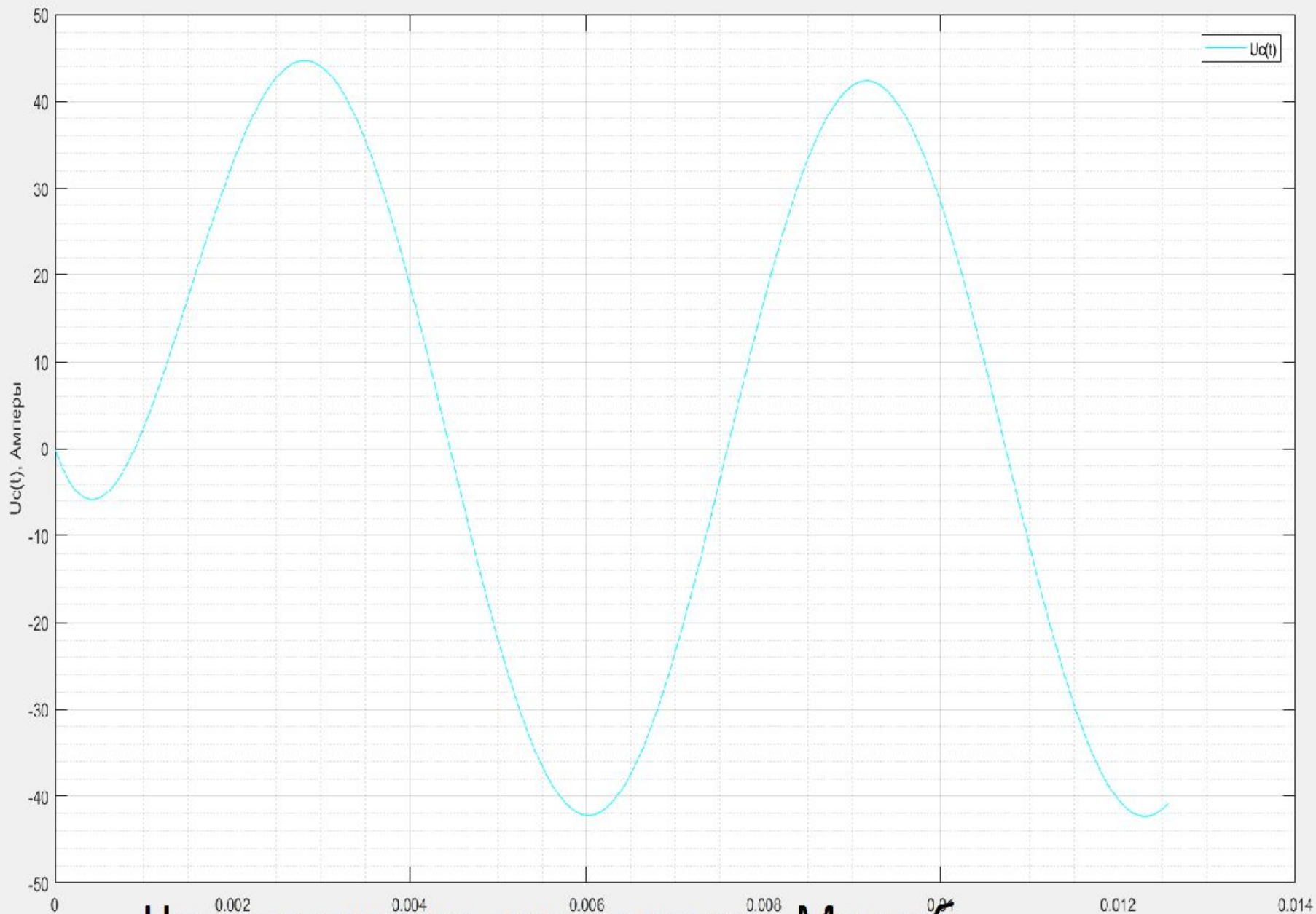
```
xlabel('t, секунды')
```

```
ylabel('Uc(t), Вольты')
```

```
grid on;
```

```
grid minor;
```

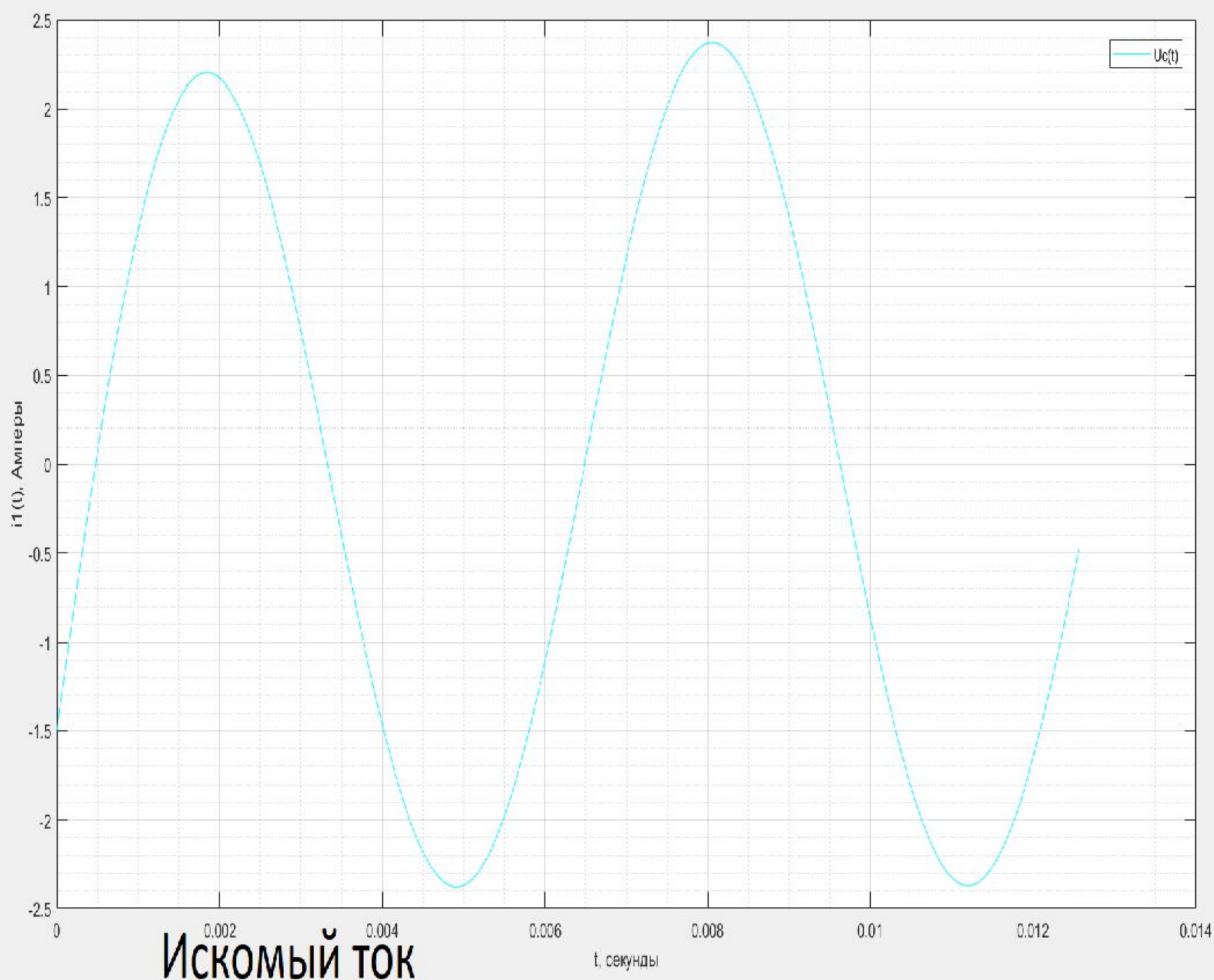
Результат работы программы



Напряжение на конденсаторе

0.004

Матлаб



Графики ручного расчета

$$i(t) := 2.372 \cdot \sin(1000 \cdot t - 11.565 \text{deg}) - 1.024 \cdot e^{-1000t}$$

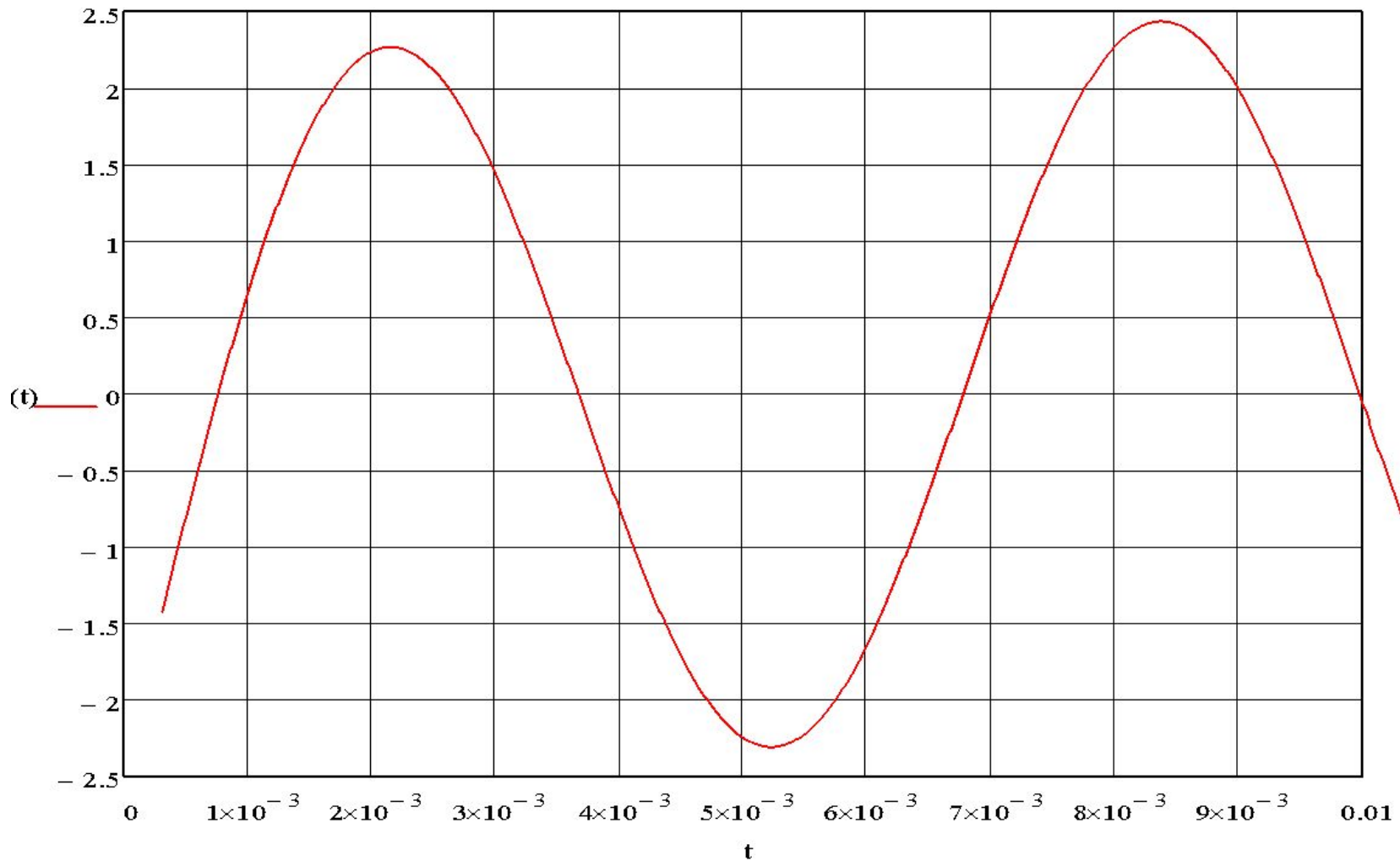
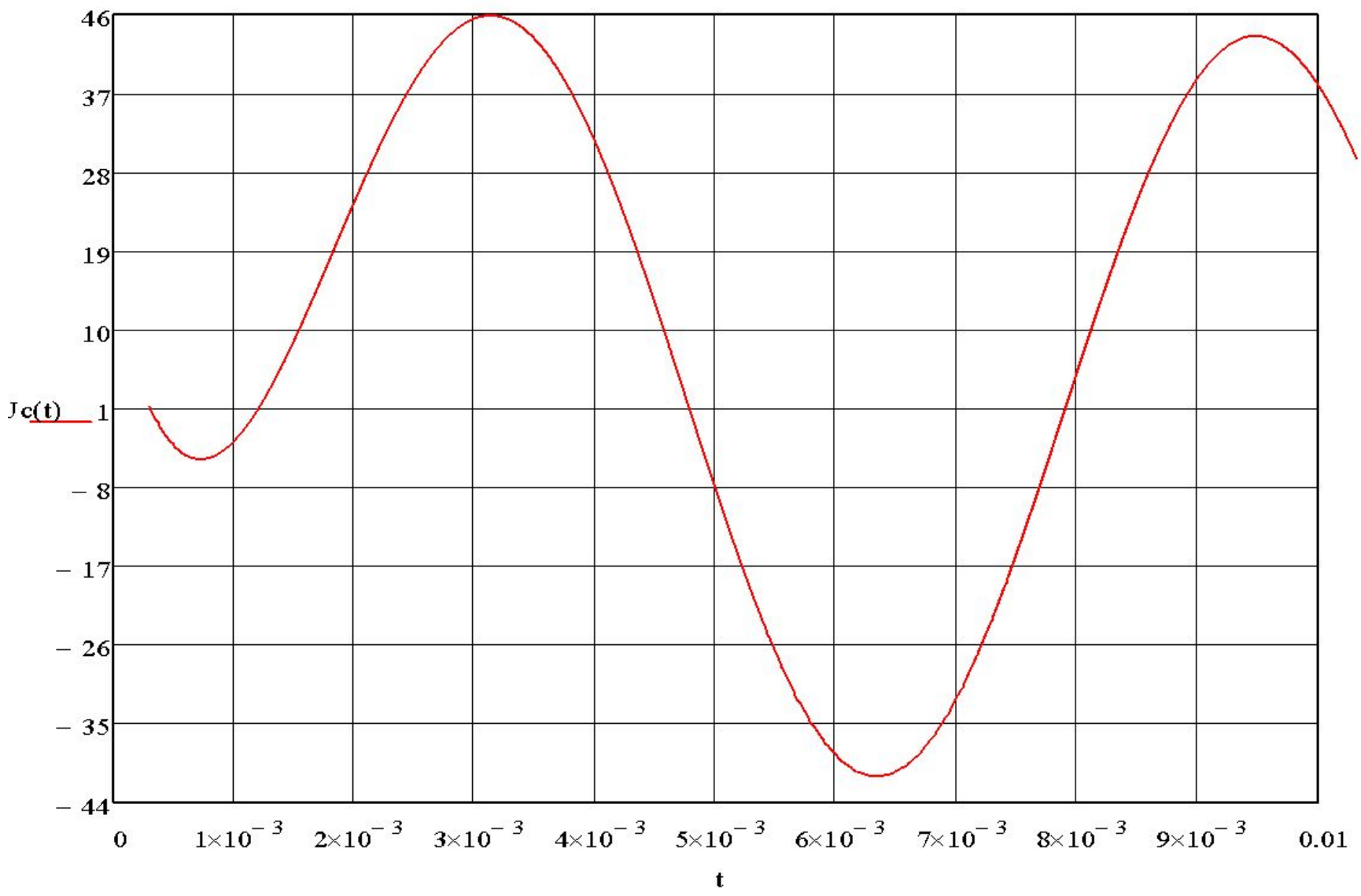


График искомого

$$U_c(t) := 30\sqrt{2} \cdot \sin(1000t - 75\text{deg}) + 40.981 \cdot e^{-1000t}$$



Напряжение на

Если не сошлось

1. Проверяем разностную формулу. Математика на первом месте
2. Если в 1 уверены, смотрим на пределы for и на то как вбили формулу в матлабе, так как каждая скобочка и знак для матлаба отдельно.

Например : $f/(2+p)$ и $f/2 + p$ для матлаба разные вещи

Также вот

3. Не забываем проверять время и dt. Должно выполняться **условие** $dt = t(k) - t(k-1)$

Вот пример цикла для Рунге

```
for n=2:N
```

```
k1=(e(n-1)-2*uc2(n-1))/(R1*C);
```

```
a=dt*k1/2;
```

```
k2=(e(n-1)-2*(uc2(n-1)+a))/(R1*C);
```

```
b=dt*k2/2;
```

```
k3=(e(n-1)-2*(uc2(n-1)+b))/(R1*C);
```

```
m=dt*k3;
```

```
k4=(e(n-1)-2*(uc2(n-1)+m))/(R1*C);
```

```
duc=(k1+2*k2+2*k3+k4)*dt/6;
```

```
uc2(n)=uc2(n-1)+duc; %разностное уравнение для расчета напряжения  
конденсатора
```

```
end
```

Типовой расчет №2.

```
A = [-250 -10000; 50 -2000]; % Главная матрица
B = [250; 0]; % Вектор внешних воздействий
E = 120;
R=40;

x0 = [0;1.5]; % расчетные условия при подстановке 0+
t = linspace(0,0.01,101);
% чтобы присвоить , нужно создать массив ячеек которым будет
присваиваться
x = zeros(2,101);
y = zeros(1,101);
for i = 1:length(t)
    ti = t(i);
    x(:,i) = expm(A*ti)*x0 + (expm(A*ti)- eye(2)) * inv(A) * B *
E;
    y(1,i) = E/R-x(1,i)/R-x(2,i); % выходное уравнение
end
```

Программная часть ИДЗ 5

%1 часть. На входе

```
clear all;
```

%Задаю символьные переменные и входные данные

```
syms t s ;
```

```
R1 = 40; % резистор 1
```

```
R2 = 40;% резистор 1
```

```
C = 50* 10^-6; % конденсатор
```

%определяем постоянную времени

```
p = -(R1+R2)/((R1*R2)*C); % корень характеристического уравнения
```

```
tau = 1/abs(p); % постоянная времени
```

```
E = 11*exp(-t/tau); % первое воздействие
```

```
Ep = laplace(E); % Запрос операторного отображения Лапласа
```

```
Zvxp = (( R1*(1/(s*C) )/( R1 + 1/(s*C) ) )) + R1 ; % сопротивление цепи
```

%в операторной схеме

```
Ip = Ep / Zvxp; % искомый ток в цепи в операторной форме
```

```
It = ilaplace(Ip); %запрос оригинала функции тока
```

```
figure('Name','Ток i1 при первом воздействии','NumberTitle','off')
```

```
xlabel('t, секунды')
```

```
ylabel('i1(t), Амперы')
```

```
fplot (It, [0 0.002])
```

```
grid on;
```

```
grid minor;
```

```
%2 часть
```

```
E2 = (11/tau)*t; %второе воздействие
```

```
E2p = laplace(E2); % операторное отображение ЭДС
```

```
I2p = E2p / Zvxp; % искомый ток в цепи в операторной форм
```

```
I2t = ilaplace(I2p); %запрос оригинала функции тока
```

```
figure('Name','Ток i1 при другом воздействии','NumberTitle','off');
```

```
fplot (I2t, [0 0.002])
```

```
grid on;
```

```
grid minor;
```

Нужно было посмотреть еще работу этих функций и свериться

```
%вывод результатов
```

```
disp('Понятный вид временной формы тока');
```

```
pretty(It);
```

```
disp('Упрощенный вид временной формы тока');
```

```
simplify(It);
```

```
disp('Понятный вид временной формы тока при другом воздействии');
```

```
pretty(I2t);
```

```
disp('Упрощенный вид временной формы тока при другом воздействии');
```

```
simplify(I2t);
```

```
disp('Понятный вид операторной формы тока');
```

```
pretty(Ip);
```

```
disp('Упрощенный вид операторной формы тока');
```

```
simplify(Ip);
```

```
disp('Понятный вид операторной формы тока при другом воздействии');
```

```
pretty(I2p);
```

```
disp('Упрощенный вид операторной формы тока при другом воздействии');
```

```
simplify(I2p);
```