# Компьютерная часть

## Решение проблем

Автор: Родькин Н. С.

МЭИ

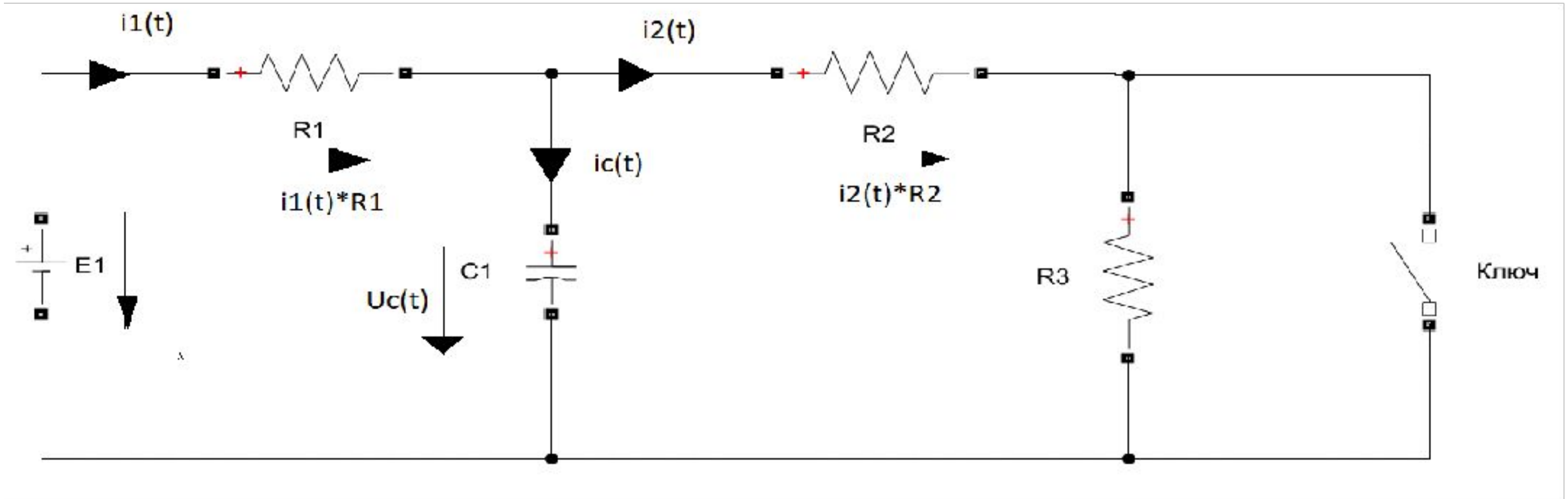
2017

# 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

⊠⊠ = ⊠⊠1 ⊠ ⊠⊠1 + ⊠⊠⊠⊠

⊠⊠⊠⊠ = ⊠⊠2 ⊠ ⊠⊠2

⊠⊠1 = ⊠⊠⊠⊠+ ⊠⊠2 = ⊠⊠ ⊠ ⊠⊠⊠⊠⊠/⊠⊠⊠ + ⊠⊠2

Решая систему, получаем ⊠⊠ = ⊠⊠1 ⊠ ⊠⊠⊠ ⊠ ⊠⊠⊠⊠⊠/⊠⊠⊠ + ⊠⊠2⊠ + ⊠⊠⊠⊠

Здесь ничего переносить уже не нужно. Выразить нужно ⊠⊠⊠⊠⊠/⊠⊠⊠

$$\square\square = \square\square 1 \;\square\; \square\square \;\square\; \frac{\square\square\square\square\square}{\square\square\square} + \square\square 1 \;\square\; \frac{\square\square\square}{\square\square 2} + \square\square\square$$

Получаем $\dfrac{\square\square\square\square\square}{\square\square\square} = \dfrac{\square\square - \square\square\square\square \frac{\square\square 1}{\square\square 2} - \square\square\square}{\square\square 1 \;\square\; \square\square}$

умножаем на dt при $dUc = Uc(k) - Uc(k\text{-}1)$

$$\square\square\square\square\square\square = \square\square\square\square\square\square - 1\square + \frac{\square\square - \square\square\square\square\square\square - 1\square \;\square\; \frac{\square\square 1}{\square\square 2} - \square\square\square(\square\square - 1)}{\square\square 1 \;\square\; \square\square} \;\square\; \square\square\square$$

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
```

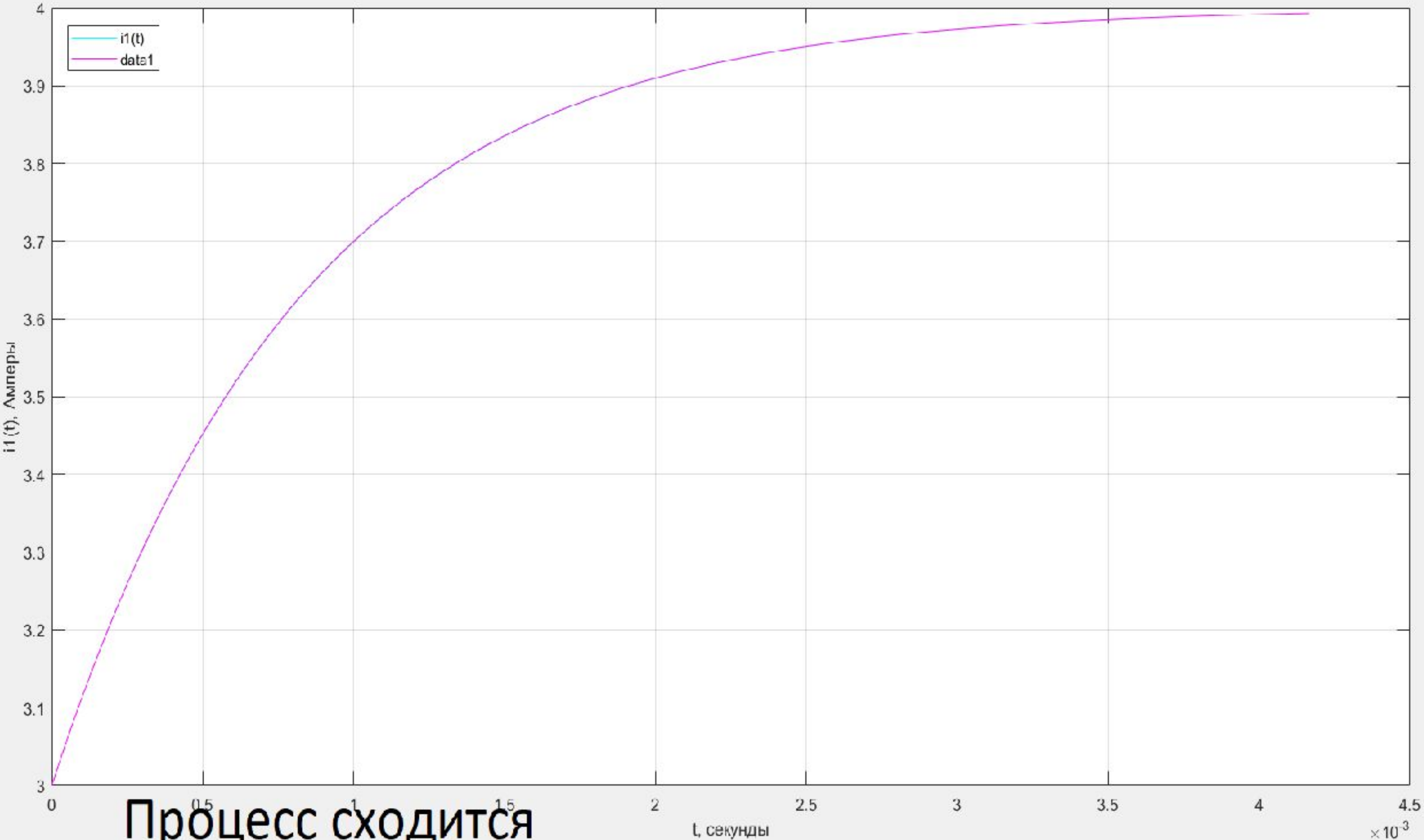
```
%применение рекурсивного соотношения через цикл For. Решение явным методом Эйлера

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

dtt = 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)*dtt;

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
```

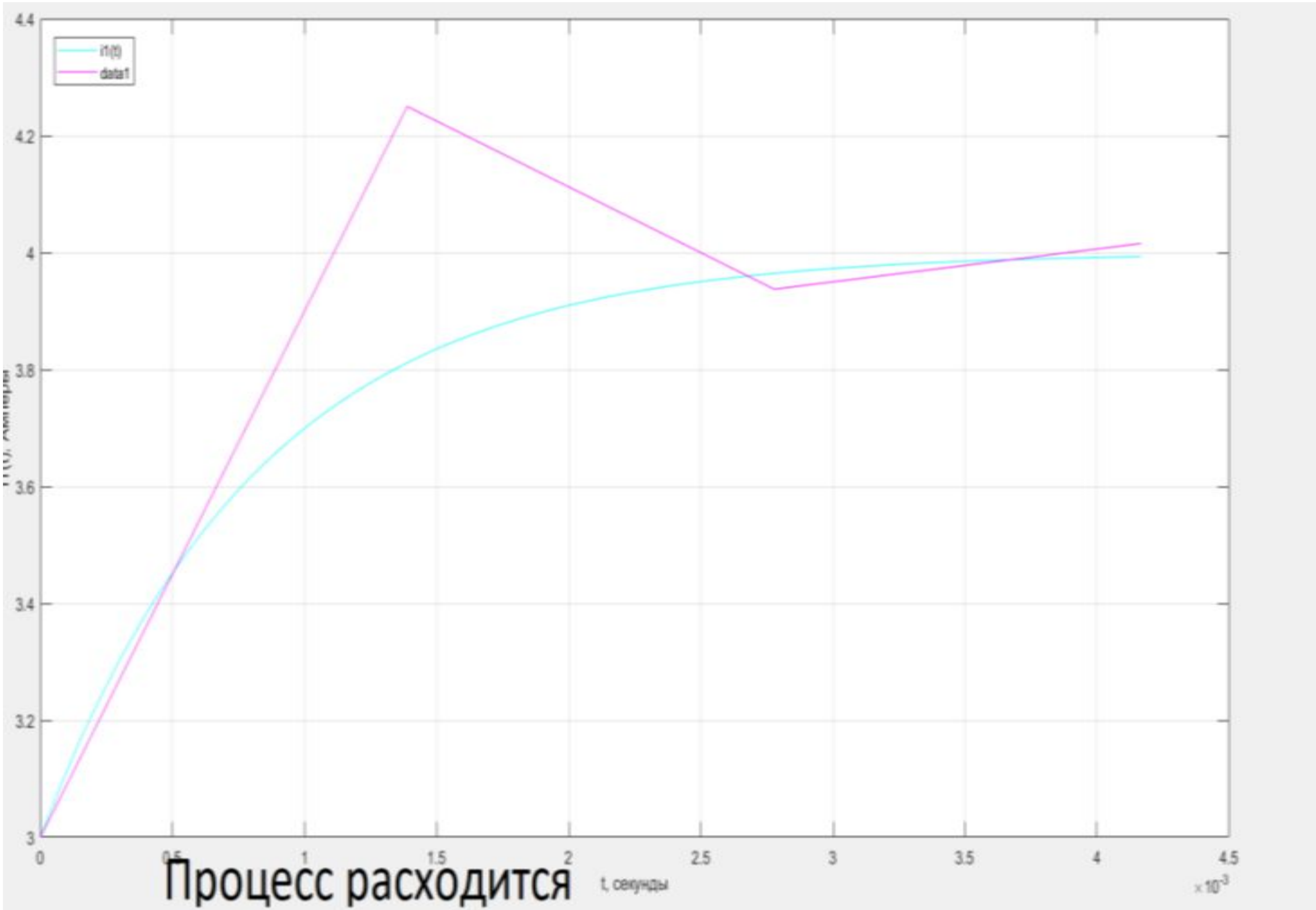
## Проверьте себя

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



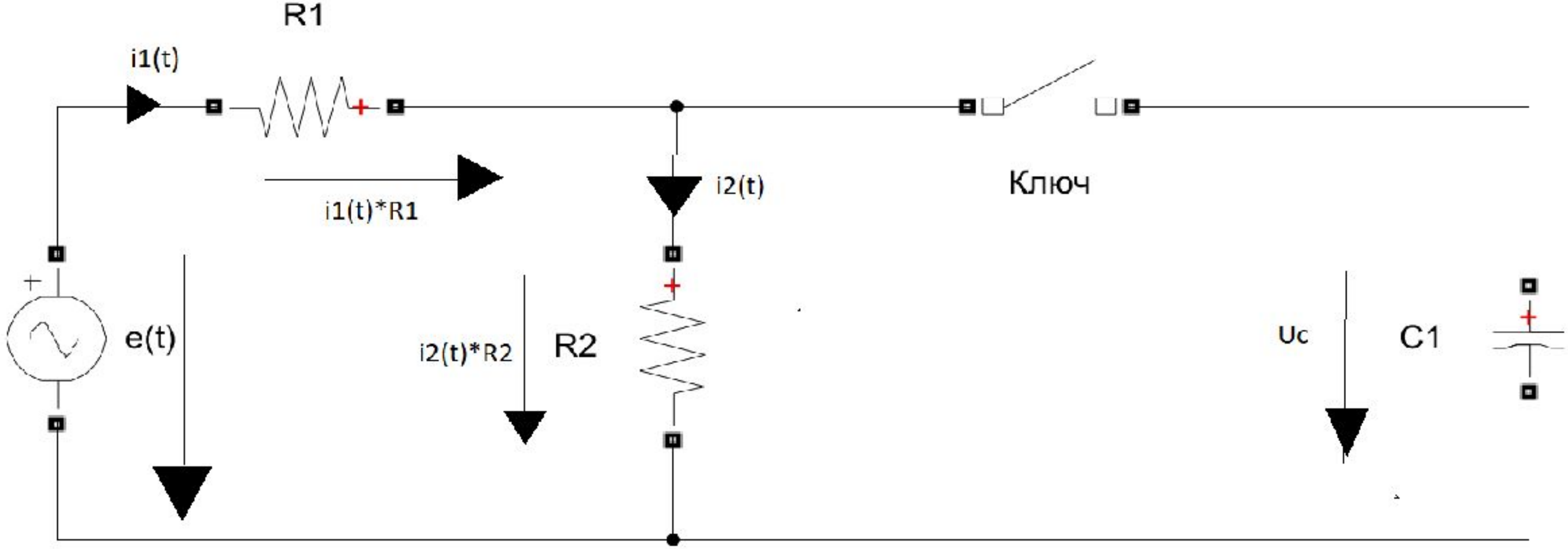

Процесс сходится




Процесс расходится

# Что нужно сделать в ИДЗ 3

На примере: Решал законами Кирхгофа




Запишем законы Кирхгофа для этой цепи после коммутации

[illegible] = [illegible]1 [illegible] [illegible]1 + [illegible]2 [illegible] [illegible]2

[illegible] = [illegible]2 [illegible] [illegible]2 откуда [illegible]2 = [illegible]/ [illegible]2

[illegible]1 = [illegible]+ [illegible]2 = [illegible] [illegible] $\frac{[illegible]}{[illegible]}$ + [illegible]2

Решая систему, получаем [illegible] = [illegible]1 [illegible] [illegible] [illegible] $\frac{[illegible]}{[illegible]}$ + $\frac{[illegible]}{[illegible]2}$[illegible] + [illegible]

## Нужно перенести все Uc(k) влево

После преобразований получим [illegible]

Uc все еще справа, что нам не нужно

Теперь нужно учесть что [illegible]

Умножаем на dt и используем соотношение

[illegible]

Теперь Uc(k) можно перенести влево

[illegible]

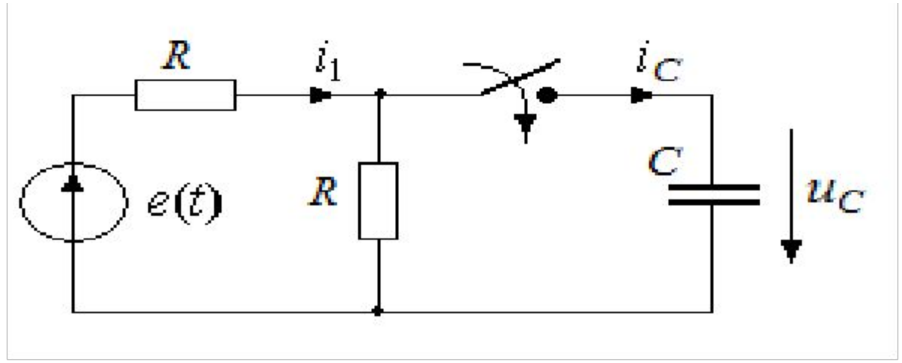
далее выношу за скобку Uc(k) слева

[illegible]

теперь делю чтобы слева осталось только Uc(k)

[illegible] Вот и все).

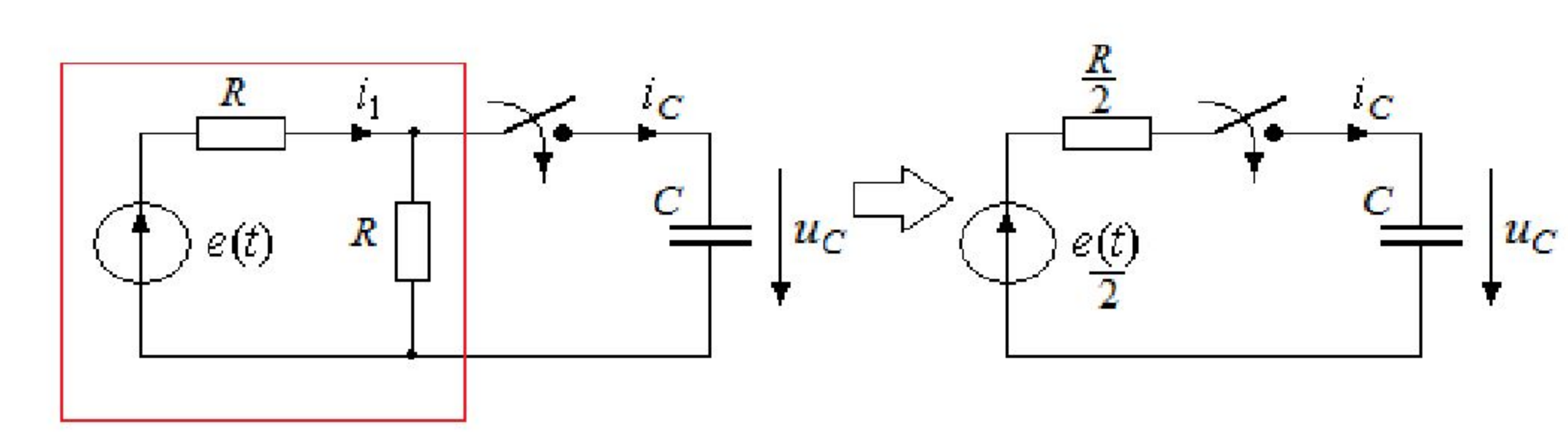
# Решение того же примера при помощи МЭГ




$R = 40$ Ом, $C = 50\cdot10^{-6}$ Ф, $e(t) = 120\sin(1000t - 30°)$ В. $i_1(t) = ?$

Сначала, используя $i_C(t) = C\dfrac{\mathrm{d}u_C(t)}{\mathrm{d}t}$, составим **уравнение состояния** $\dfrac{\mathrm{d}u_C(t)}{\mathrm{d}t} = f(u_C, R, C, e(t))$ (1), затем **выходное уравнение** $i_1(t) = \varphi(u_C(t), e(t), R)$ (2).

По методу эквивалентного генератора левую часть (активный двухполюсник) можно преобразовать в эквивалентный генератор с параметрами $e_э(t) = \dfrac{e(t)}{2}$ и $R_э = \dfrac{R}{2}$:




Уравнение для одноконтурной схемы: $\frac{e(t)}{2} = \frac{R}{2} i_C(t) + u_C(t)$ или

$\frac{e(t)}{2} = \frac{CR}{2}\frac{\mathrm{d}u_C(t)}{\mathrm{d}t} + u_C(t)$.

Тогда $\frac{\mathrm{d}u_C(t)}{\mathrm{d}t} = \frac{e(t)}{CR} - \frac{2}{CR}u_C(t)$ (1). Выходное уравнение $i_1(t) = \frac{e(t) - u_C(t)}{R}$ (2).

Составим итерационное уравнение по **неявному методу** Эйлера, заменив $\mathrm{d}t = h$, $\mathrm{d}u_C(t) = u_{Ck+1} - u_{Ck}$. Получим

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

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

$u_{Ck+1} + \frac{2h}{CR} u_{Ck+1} = \frac{h}{CR} e_k + u_{Ck}$, 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 $i_{1k} = \frac{e_k - u_{Ck}}{R}$ (2)

Это будет в матлаб запрошено

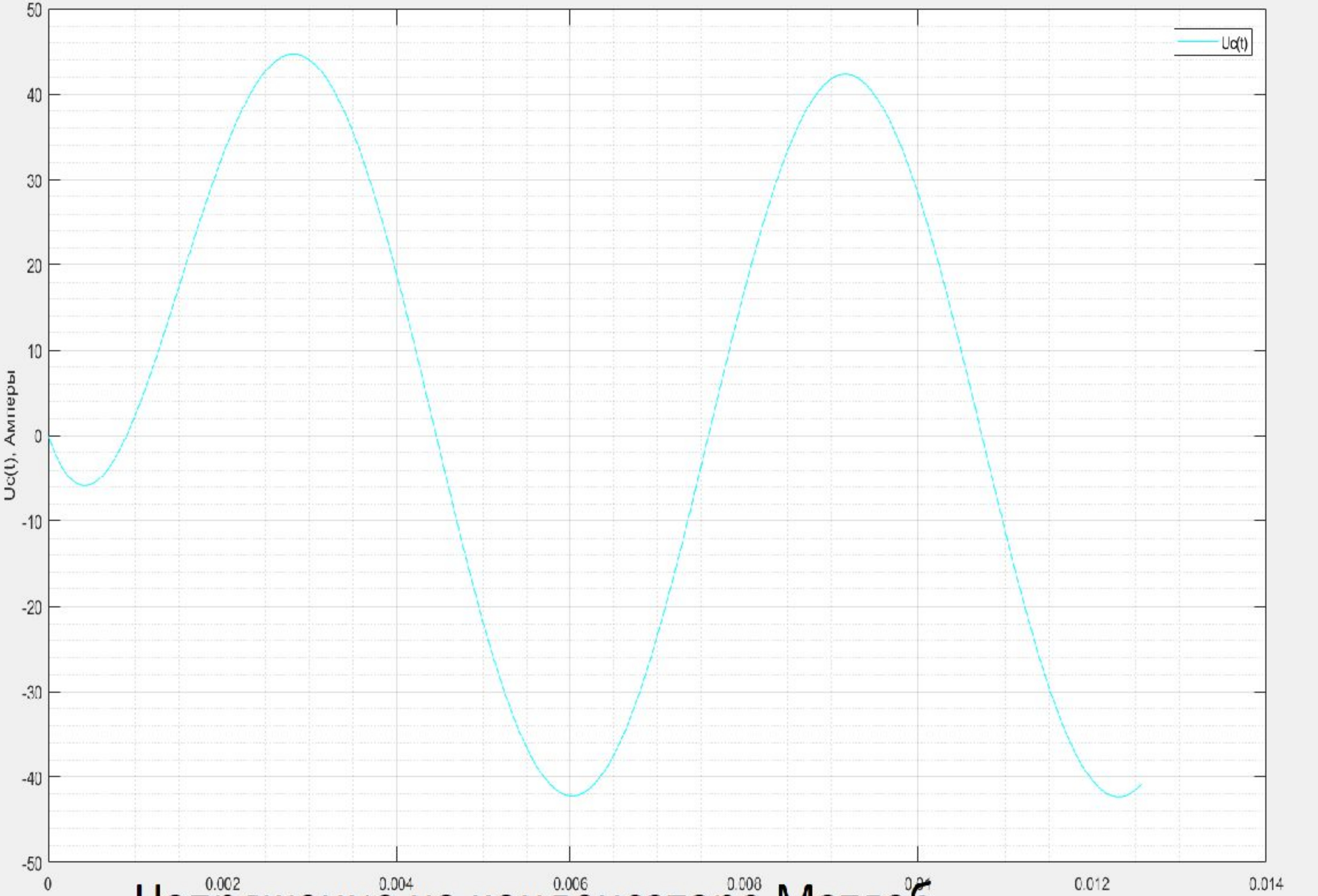
# Программная часть ИДЗ 3

```
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(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
```

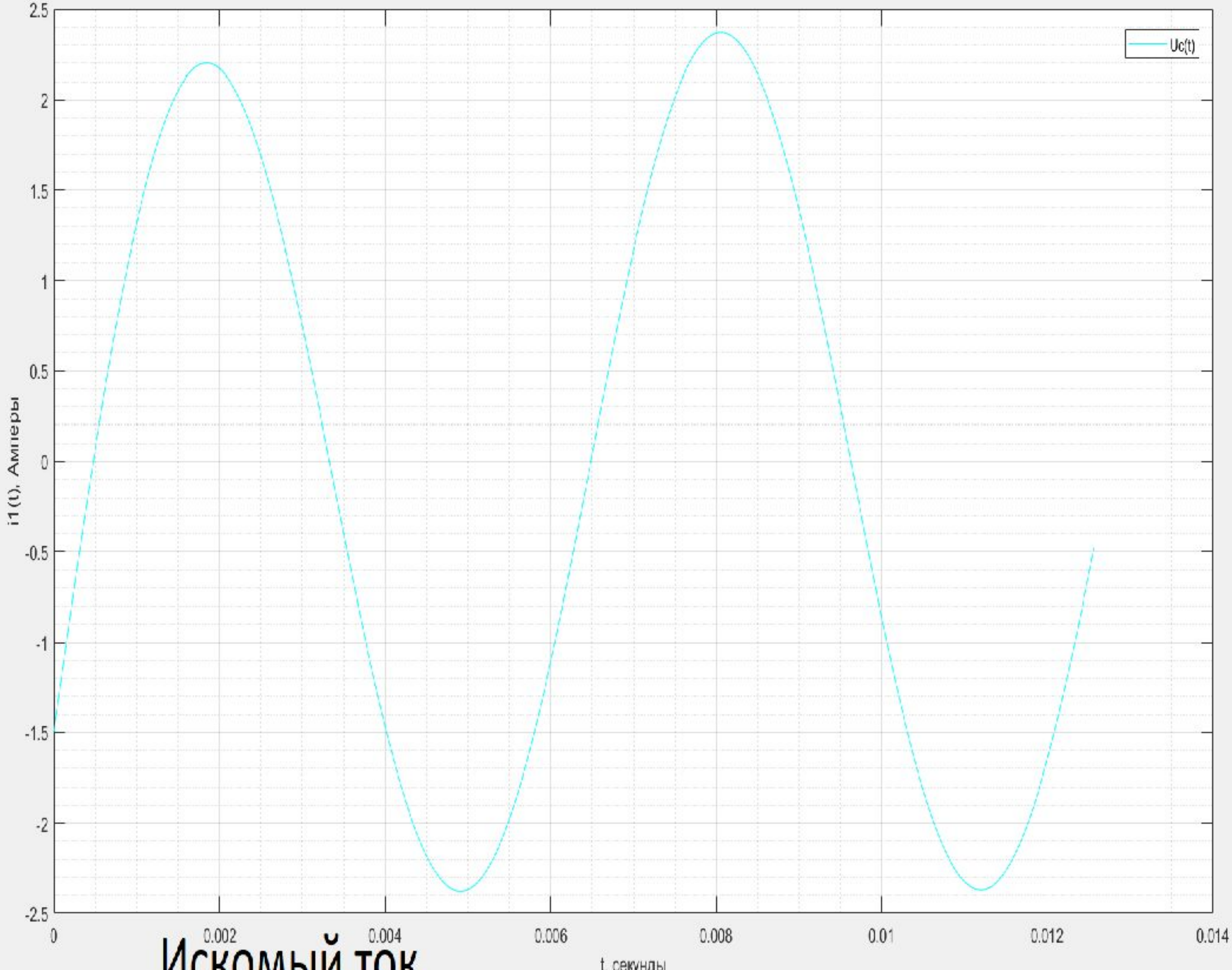
```
h = 1000;%количество точек разбиения массива времени

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 Матлаб



Uc(t)
i1(t), Амперы
t, секунды
2.5
2
1.5
1
0.5
0
-0.5
-1
-1.5
-2
-2.5
0
0.002
0.004
0.006
0.008
0.01
0.012
0.014


Искомый ток

# Графики ручного расчета

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

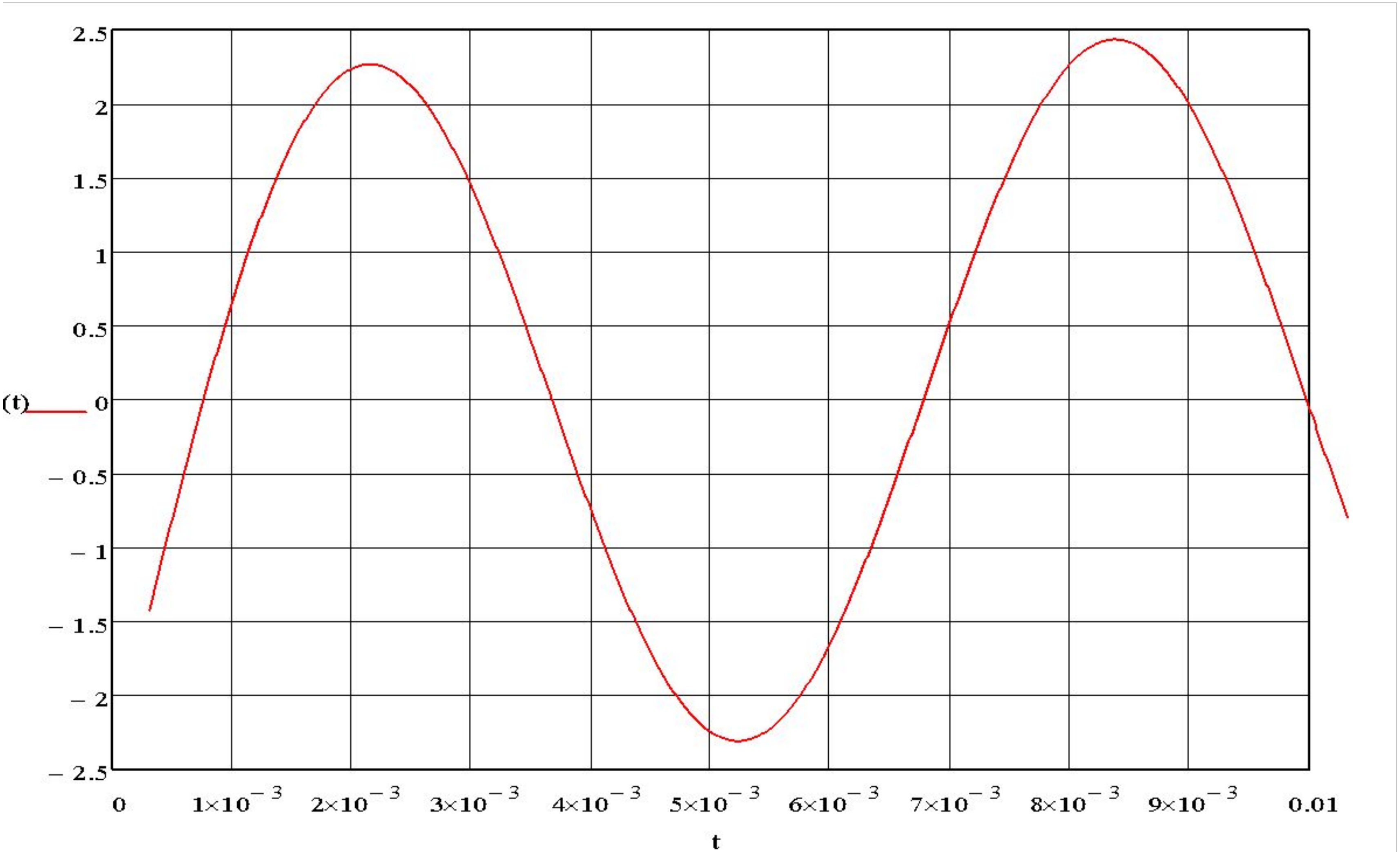
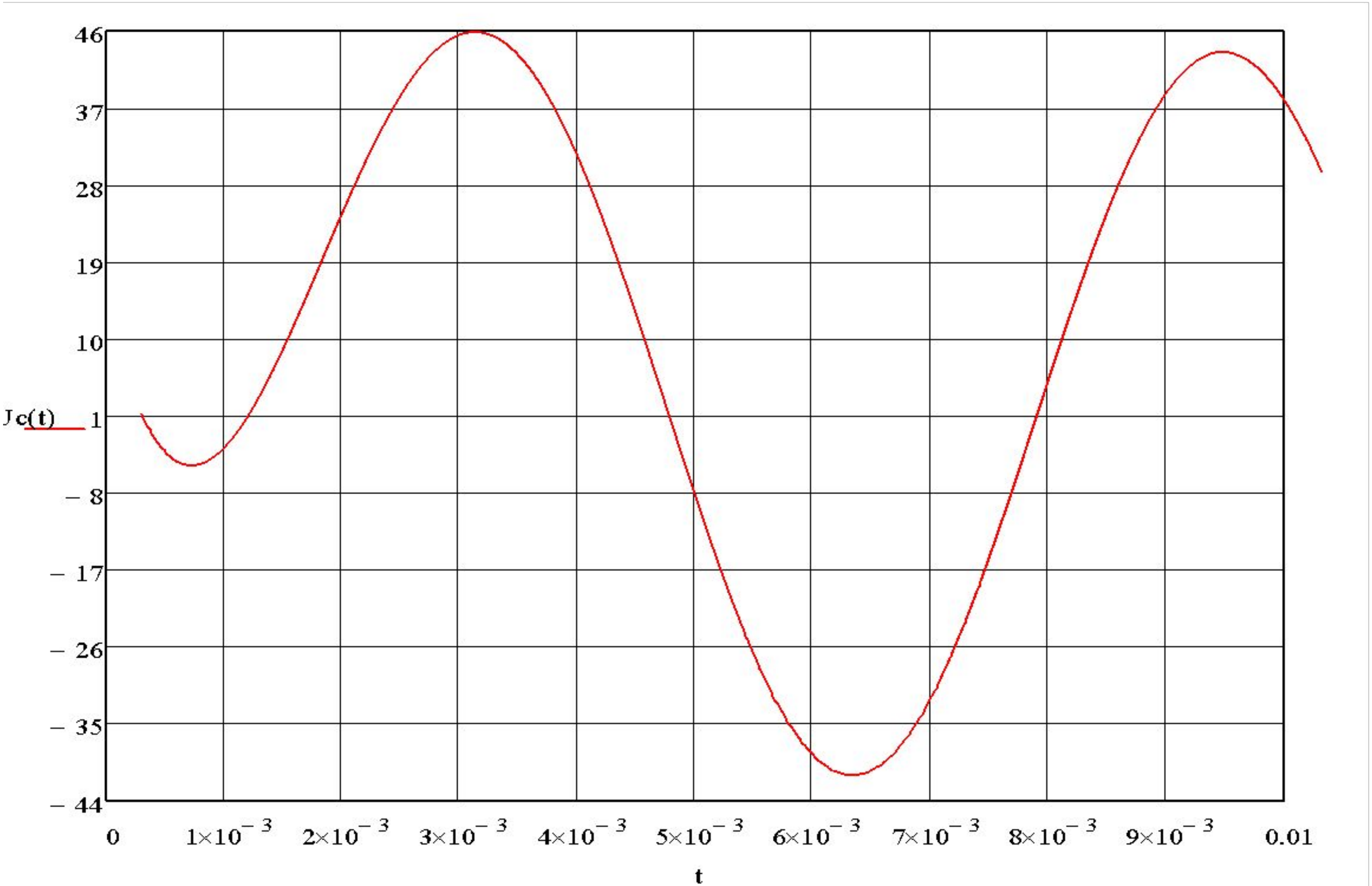



График искомого

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




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 выполниться 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 оргинала 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 оргинала 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);
```