



Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Московский государственный технический университет  
имени Н.Э. Баумана  
(национальный исследовательский университет)»  
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

ФАКУЛЬТЕТ Робототехники и комплексной автоматизации

КАФЕДРА Системы автоматизированного проектирования (РК-6)

## **ОТЧЕТ О ВЫПОЛНЕНИИ ДОМАШНЕГО ЗАДАНИЯ №2**

Студент Рындовская Юлия Васильевна

Группа РК6-73

Тип задания Домашнее задание

Вариант 19

Студент \_\_\_\_\_ **Рындовская Ю.В.**  
*подпись, дата* *фамилия, и.о.*

Преподаватель \_\_\_\_\_ **Трудоношин В.А.**  
*подпись, дата* *фамилия, и.о.*

Оценка \_\_\_\_\_

*Москва, 2018 г.*

## Оглавление

Задание	3
Решение с помощью Метода переменных состояния	4
Решение с использованием ПА9	7

## Задание

Для схемы на Рис.1 сформировать математическую модель Методом переменных состояния.

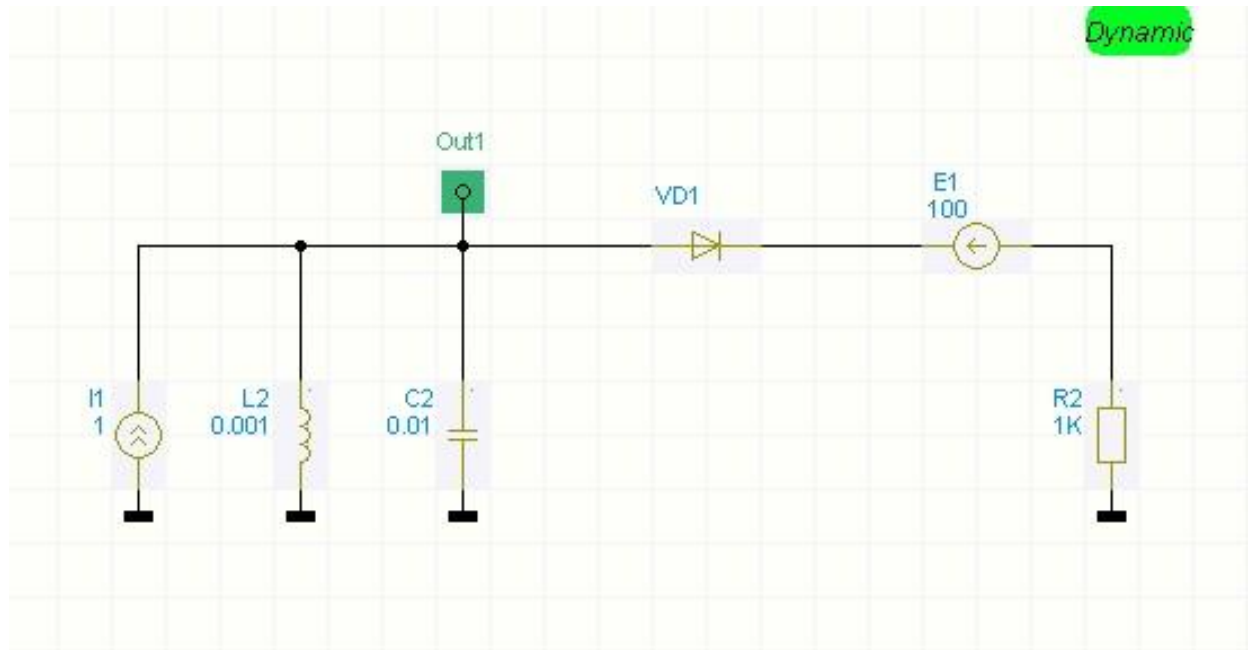
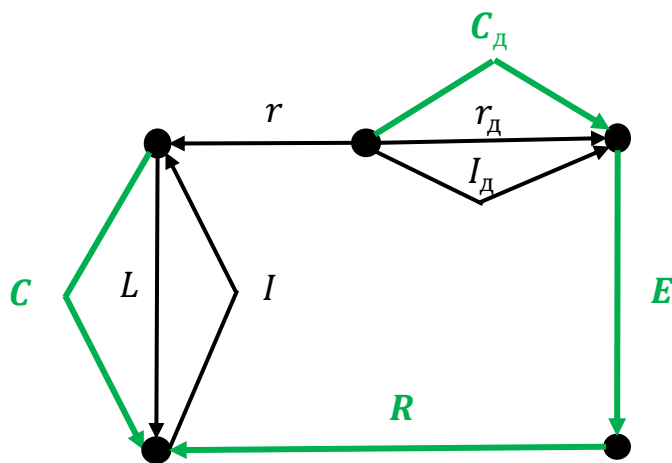
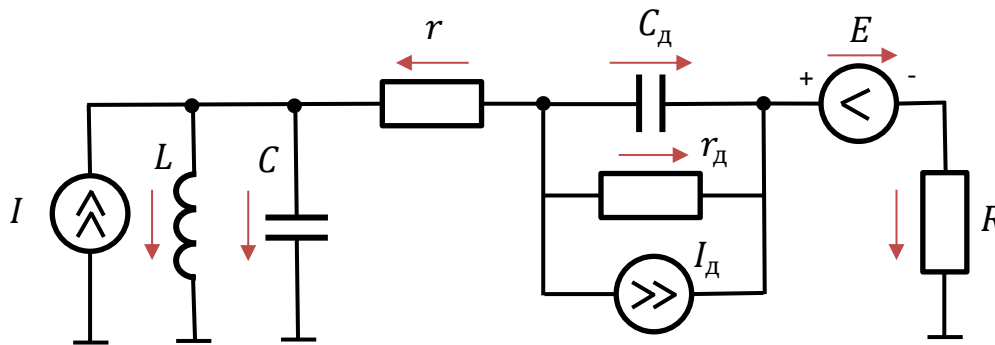


Рис. 1

## Решение с помощью Метода переменных состояния



	$E$	$C$	$C_D$	$R$
$r$	-1	1	-1	-1
$r_D$			-1	
$L$		-1		
$I$		1		
$I_D$			-1	

$u_r = u_E - u_C + u_{C_D} + u_R$	$I_r = \frac{1}{r} u_r = \frac{u_E - u_C + u_{C_D} + u_R}{r}$
$u_{r_D} = u_{C_D}$	$I_{r_D} = \frac{1}{r_D} u_{r_D} = \frac{u_{C_D}}{r_D}$
$u_L = u_C$	$\frac{dI_L}{dt} = \frac{1}{L} u_L = \frac{1}{L} u_C$
$u_I = -u_C$	$I_I = 1A$
$u_{I_D} = u_{C_D}$	$I_{I_D} = I_T (e^{\frac{u_{C_D}}{m\phi_t}} - 1)$
$I_E = -I_r$	$u_E = 100 B$
$I_C = I_r - I_L + I_I$	$\frac{du_C}{dt} = \frac{1}{C} I_C = \frac{I_r - I_L + I_I}{C} = \frac{\frac{u_E - u_C + u_{C_D} + u_R}{r} - I_L + I_I}{C}$
$I_{C_D} = -(I_r + I_{r_D} + I_{I_D})$	$\frac{du_{C_D}}{dt} = \frac{1}{C_D} I_{C_D} = -\frac{I_r + I_{r_D} + I_{I_D}}{C_D} = -\frac{\frac{u_E - u_C + u_{C_D} + u_R}{r} + \frac{u_{C_D}}{r_D} + I_T (e^{\frac{u_{C_D}}{m\phi_t}} - 1)}{C_D}$
$I_R = -I_r$	$u_R = I_R R = -I_r R = -R \frac{u_E - u_C + u_{C_D} + u_R}{r}$ $u_R = -\frac{R}{r+R} (u_E - u_C + u_{C_D})$

$$V^0 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$V^{n+1} = V^n + \left. \frac{dV}{dt} \right|_n \cdot \Delta t$$

$$\left. \frac{dV}{dt} \right|_n = \begin{bmatrix} \frac{1}{L} u_C^n \\ \frac{1 - \frac{R}{r+R} (u_E - u_C^n + u_{C_d}^n) - I_L^n + I_I}{C} \\ \frac{1 - \frac{R}{r+R} (u_E - u_C^n + u_{C_d}^n) + \frac{u_{C_d}^n}{r_d} + I_T (e^{\frac{u_{C_d}^n}{m\phi_t}} - 1)}{C} \end{bmatrix}$$

Программная реализация представлена в Листинге1. Результаты работы приведены программы на рис.2.

Листинг 1. Код программы на языке C.

```
#define N 3
#define sigma 0.1
#define hmax 1e-5
#define dt_print 1e-6
#define Tk 4e-4
#define E 100
#define I 1
#define R 1e3
#define L 0.001
#define C 1e-8
#define It 1e-12
#define Cb 2e-12
#define MFt 0.026
#define rd 1e6
#define r 20

#include <stdlib.h>
#include <stdio.h>
#include <math.h>

double sup_norm(double const *dV);

//=====

int main(int argc, char const *argv[])
{
    double *V = (double*) calloc(N, sizeof(double));
    double t = 0.;
    double t_print = 0;

    char *file_name = "output.txt";
    FILE *file = fopen(file_name, "w");

    double *dV = (double*) calloc(N, sizeof(double));
```

```

double dt = hmax;

while (t <= Tk)
{
    double ur = (V[1] - V[2] - E) * R / (r + R);

    if (t >= t_print)
    {
        t_print += dt_print;
        fprintf(file, "%.7lf      %lf      %lf      %lf      %lf\n", t, ur,
V[0], V[1], V[2]);
        fflush(file);
    }

    dV[0] = V[1] / L;
    dV[1] = ((1 - R / (r + R)) / r * (E - V[1] + V[2]) - V[0] + I) / C;
    dV[2] = -((1 - R / (r + R)) / r * (E - V[1] + V[2]) + V[2] / rd +
It*(exp(V[2] / Mft) - 1)) / Cb;

    double norm_dV = sup_norm(dV);

    dt = (double) sigma / norm_dV;

    if (dt > hmax)
        dt = hmax;

    for (int i = 0; i < N; i++)
        V[i] += dV[i] * dt;

    t += dt;
}

fclose(file);

FILE *gnu = popen("gnuplot -persist", "w");

fprintf (gnu, "set grid xtics ytics\n");
fprintf (gnu, "plot \"output.txt\" using 1:4 w li lw 2 lt rgb 'blue',
\"output.txt\" using 1:2 w li lw 2 lt rgb 'red'\n");

fflush (gnu);

return 0;
}

//=====

double sup_norm(double const *dV)
{
    double max = dV[0];

    for (int i = 0; i < N; i++)
        if (fabs(dV[i]) > max)
            max = fabs(dV[i]);

    return max;
}

```

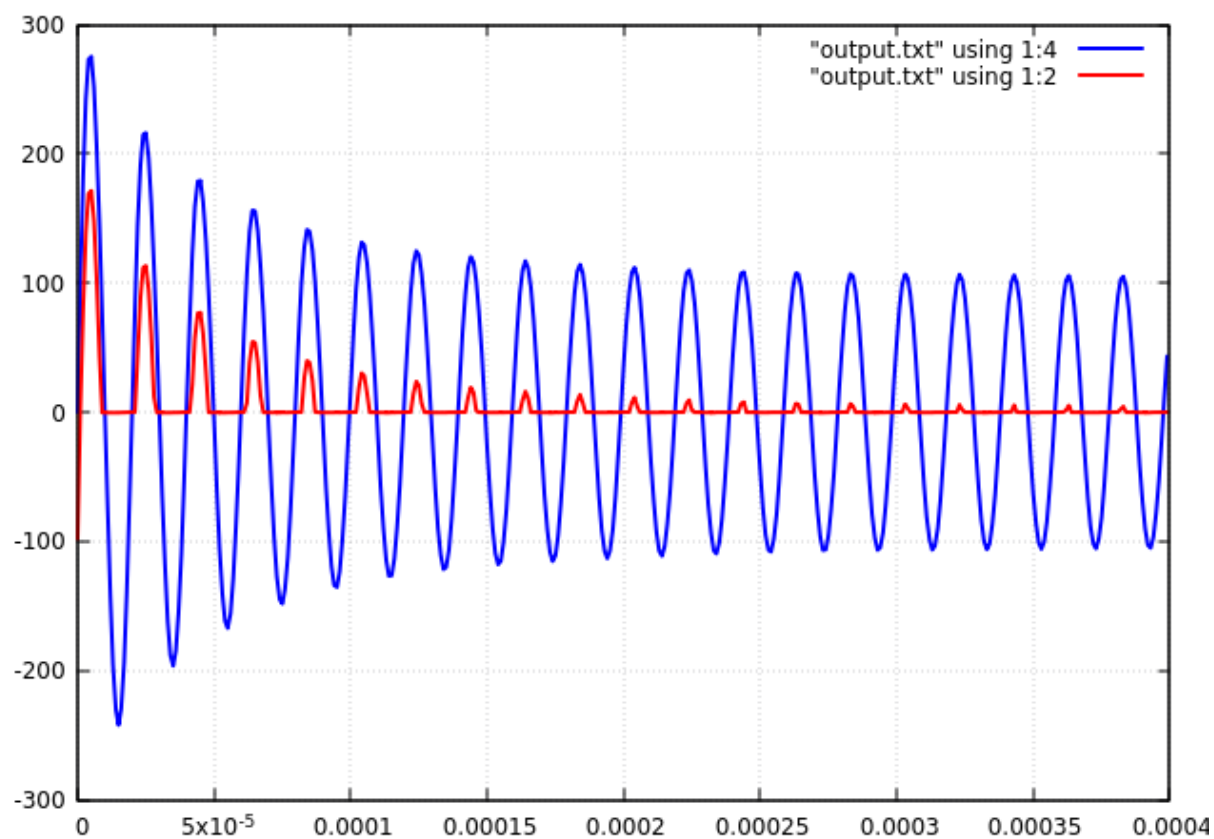


Рис.2. Результат работы программы.

## Решение с использованием ПА9

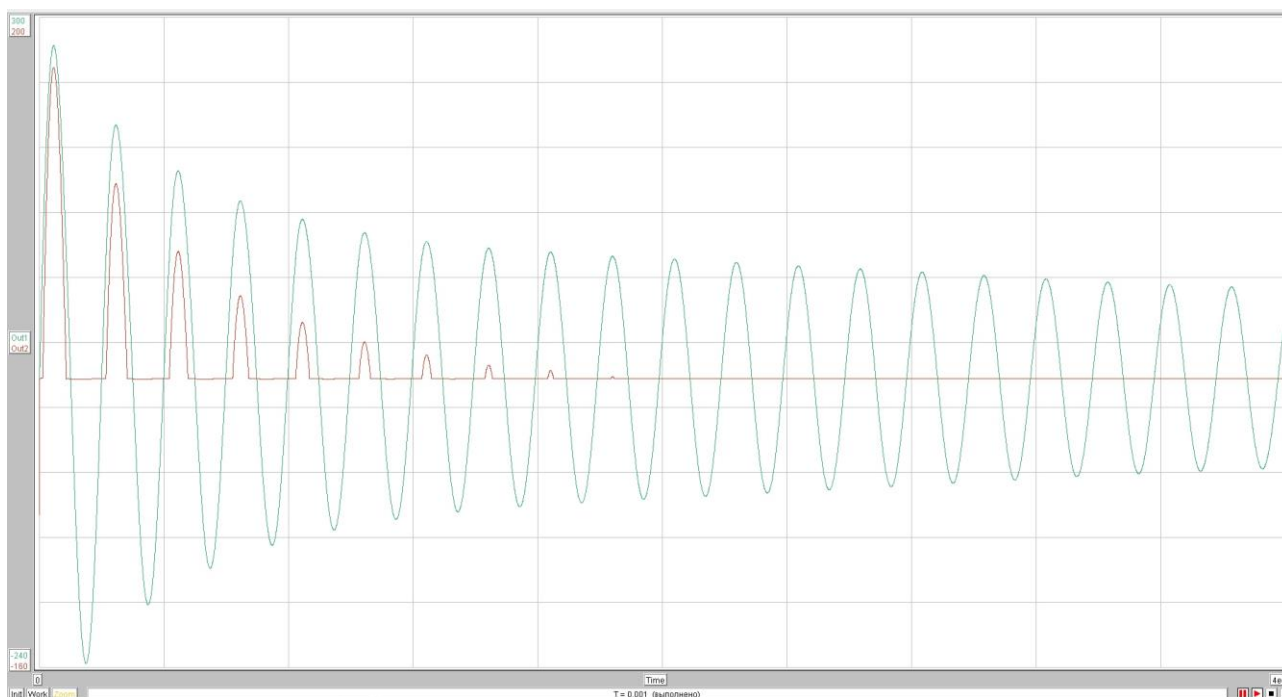


Рис.3. Результат, полученный с использованием ПА9.