



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени Н.Э. БАУМАНА

Учебное пособие

Методические указания
по выполнению домашних заданий по единому
комплексному заданию по блоку дисциплины

«Математическое моделирование технических объектов»

МГТУ имени Н.Э. Баумана

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени Н.Э. БАУМАНА

Методические указания
по выполнению домашних заданий по единому
комплексному заданию по блоку дисциплины

«Математическое моделирование технических объектов»

Москва
МГТУ имени Н.Э. Баумана

2012

УДК 681.3.06(075.8)
ББК 32.973-018
И201

Методические указания по выполнению домашних заданий по единому комплексному заданию по блоку дисциплины «Математическое моделирование технических объектов»
М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. – 15 с.: ил.

В методических указаниях рассмотрены основные этапы, их последовательность и содержание по выполнению домашних заданий по единому комплексному заданию по блоку дисциплины «Математическое моделирование технических объектов».

Ил. 39. Табл. 5. Библиогр. 7 назв.

УДК 681.3.06(075.8)

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012

АННОТАЦИЯ

В работе проводится изучение основных принципов мозгового штурма и техническое реализацию различными методами. В ходе домашнего задания были проработаны принципы построения математической модели на примере схемы, эквивалентной электрической принципиальной или системы балок с жестким и свободным закреплением элементов. После построения математической модели систем можно предугадать дальнейшее ее поведение.

ANNOTATION

In this paper we study the basic principles of brainstorming and technical implementation of the various methods. In the home setting were worked out principles for building a mathematical model of the example electrical schematic of the system, or beams with rigid fixation and free items. After the construction of mathematical models of systems can predict future behavior.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 ИЗУЧЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ РЕШЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ЗАДАЧ.....	
ВЫВОДЫ.....	7
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	15

ВВЕДЕНИЕ

Целью работы является освоение математического моделирования методом конечных разностей. Для расчета дана электрическая схема состоящая из резисторов, емкости и индуктивности. Необходимо создать программу для её моделирования с возможностью вывода графиков.

В работе проводится изучение основных принципов построения математических моделей. Среда программирования для осуществления моделирования является Delphi 7, язык программирования Паскаль. После построения математической модели легко предугадать дальнейшее развитие ситуации с течением времени, можно предугадать поведение модели и вовремя внести изменения в конструкцию, добавив или убрав необходимые или побочные блоки.

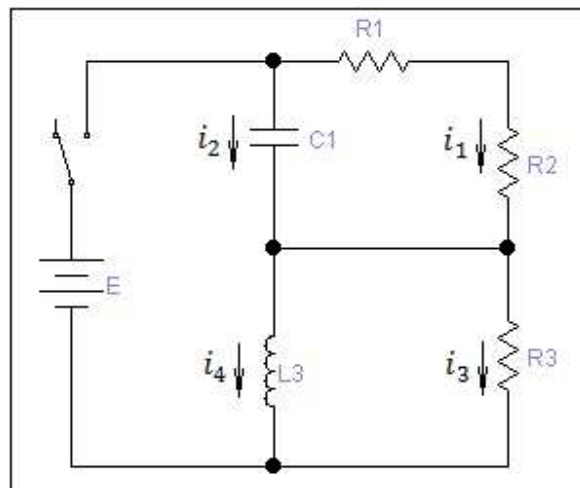


Рисунок 1 – Исходная электрическая принципиальная схема

Исходные данные

$E=1$ В

$C1=0.01$ мкФ

$L3=10$ мкГн

$R1=1$ кОм

$R2=2$ кОм

$R3=5$ кОм

1 ИЗУЧЕНИЯ ПРИНЦИПОВ ПОСТРОЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

Проведение первоначальных расчетов

Заменяем конденсаторы R1 и R2, как последовательно соединенные:

$$R_0 = R_1 + R_2 \quad (1)$$

Составим систему дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} C_1 \frac{\partial U_{C1}}{\partial t} + \frac{U_{C1}}{R_0} = \frac{L_3}{R_3} \frac{\partial i_4}{\partial t} + i_4 \\ U_{C1} + L_3 \frac{\partial i_4}{\partial t} = E \end{cases} \quad (2)$$

Перейдем к одному уравнению второго порядка:

$$-C_1 L_3 \frac{\partial(\frac{\partial i_4}{\partial t})}{\partial t} + \frac{E}{R_0} - \frac{L_3}{R_0} \frac{\partial i_4}{\partial t} = \frac{L_3}{R_3} \frac{\partial i_4}{\partial t} + i_4 \quad (3)$$

$$C_1 L_3 \frac{\partial^2 i_4}{\partial t^2} + L_3 \frac{(R_0 + R_3)}{R_0 R_3} \frac{\partial i_4}{\partial t} + i_4 - \frac{E}{R_0} = 0 \quad (4)$$

Для упрощения введем коэффициенты:

$$a = C_1 L_3; \quad b = L_3 \frac{(R_0 + R_3)}{R_0 R_3}; \quad c = 1; \quad d = -\frac{E}{R_0}$$

Получаем уравнение:

$$a \frac{\partial^2 i_4}{\partial t^2} + b \frac{\partial i_4}{\partial t} + c i_4 - d = 0 \quad (5)$$

Переходим к конечно-разностному представлению системы:

$$a \frac{i_{4j+1} - 2i_{4j} + i_{4j-1}}{\Delta} + b \frac{i_{4j+1} - i_{4j}}{\Delta} + c i_{4j} + d = 0 \quad (6)$$

$$i_{4j+1} = \frac{(2a + b - \Delta c) i_{4j} - a i_{4j-1} - \Delta d}{a + b} \quad (7)$$

Через i_4 можно вычислить остальные составляющие переходного процесса:

$$U_{L3} = L_3 \frac{\partial i_4}{\partial t} \quad \rightarrow \quad U_{L3j+1} = L_3 \frac{i_{4j+1} - i_{4j}}{\Delta} \quad (8)$$

$$U_{C1} = E - L_3 \frac{\partial i_4}{\partial t} \quad \rightarrow \quad U_{C1j+1} = E - L_3 \frac{i_{4j+1} - i_{4j}}{\Delta} \quad (9)$$

$$i_2 = C_1 \frac{\partial U_{C1}}{\partial t} \quad \rightarrow \quad i_{2j+1} = C_1 \frac{U_{C1j+1} - U_{C1j}}{\Delta} \quad (10)$$

Необходимы расчеты можно проводить с точностью до третьего знака после запятой.

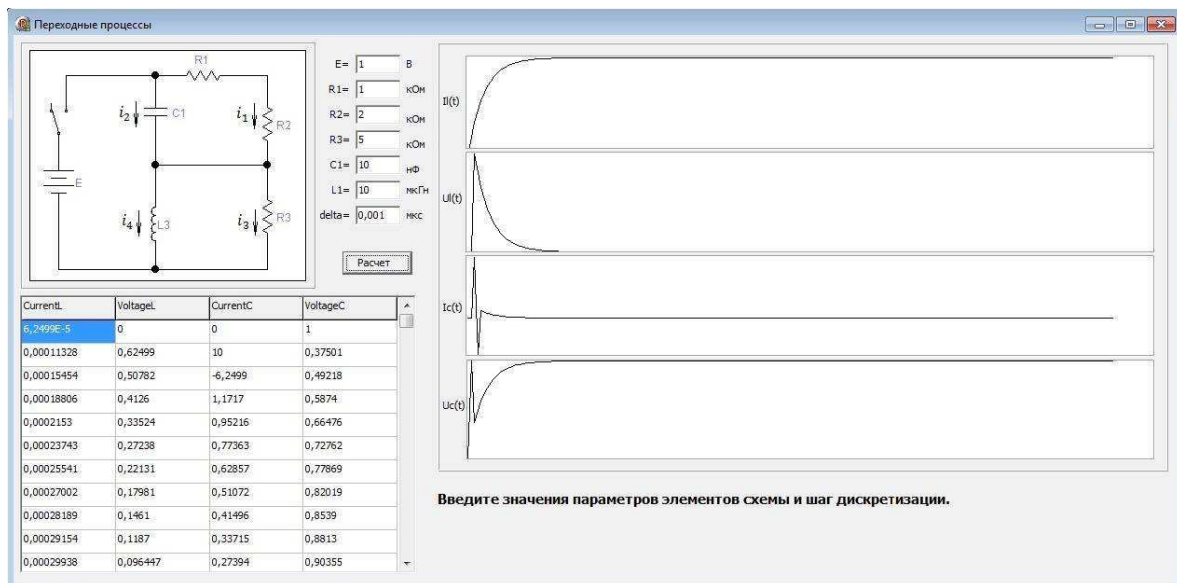


Рисунок 2 - Внешний вид программы

На рисунке изображен интерфейс программы, с помощью которой выполняются расчеты

Таблица 1 - Листинг программы

```

unit Unit1;
interface
uses
  Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,
  Dialogs, StdCtrls, Grids, ExtCtrls;
type
  TForm1 = class(TForm)
    Button1: TButton;
    StringGrid1: TStringGrid;
    Edit1: TEdit;
    Edit2: TEdit;
    Edit3: TEdit;
    Edit4: TEdit;
    Edit5: TEdit;
    Label1: TLabel;
    Label2: TLabel;
    Label3: TLabel;
    Label4: TLabel;
    Label5: TLabel;
    Label6: TLabel;
    Label7: TLabel;
    Label8: TLabel;
    Label9: TLabel;
    Label10: TLabel;
    Edit6: TEdit;
    Label11: TLabel;
    Label12: TLabel;
    Image1: TImage;
    Edit7: TEdit;
    Label13: TLabel;
    Label14: TLabel;
    Image2: TImage;
  end;
end.

```

```

Image3: TImage;
Image4: TImage;
Image5: TImage;
Label16: TLabel;
Label15: TLabel;
Label17: TLabel;
Label18: TLabel;
Bevel1: TBevel;
Bevel2: TBevel;
Bevel3: TBevel;
Bevel5: TBevel;
Bevel6: TBevel;
Bevel4: TBevel;
Label19: TLabel;
procedure Button1Click(Sender: TObject);
procedure FormCreate(Sender: TObject);
private
  { Private declarations }
public
  { Public declarations }
end;
const n=200;
var
  Form1: TForm1;
  E,C1,L3,R1,R2,R3:real;//значения ЭДС, емкости, индуктивности и резисторов
  delta:extended; //шаг дискретизации
  a,b,c,d,R0:extended; //коэффициенты уравнения
  ResCurrentL: array [1..n] of extended; //массив значений тока на
индуктивности
  ResVoltageL: array [1..n] of extended; //массив значений напряжения на
индуктивности
  ResCurrentC: array [1..n] of extended; //массив значений тока на емкости
  ResVoltageC: array [1..n] of extended; //массив значений напряжения на
емкости
implementation
{$R *.dfm}

function CurrentL(I1:extended;I2:extended):extended; //вычисление тока на
индуктивности
begin
result:=(2*a+b-delta*c)*I2-a*I1-delta*d)/(a+b);
end;

function VoltageL(I1:extended;I2:extended):extended; //вычисление напряжения
на индуктивности
begin
result:=L3*(I2-I1)/delta;
end;

function VoltageC(I1:extended;I2:extended):extended; //вычисление тока на
емкости
begin
result:=E-L3*(I2-I1)/delta;
end;

function CurrentC(V1:extended;V2:extended):extended; //вычисление напряжения
на емкости
begin
result:=C1*(V2-V1)/delta;

```

```

end;

procedure GrafikImage2; //график зависимости тока на индуктивности от времени
var
ymin,ymax,y,my,mx:extended;
i,x0,y0:integer;
begin
i:=1;
ymin:=ResCurrentL[i+2];
ymax:=ResCurrentL[i+2];
  repeat
  y:=ResCurrentL[i];
  if y<ymin then ymin:=y;
  if y>ymax then ymax:=y;
  inc(i);
  until i=n;
my:=105/abs(ymax-ymin);
mx:=705/n;

x0:=0;
y0:=105-abs(Round(ymin*my));

i:=1;
with Form1.Image2.Canvas do
  begin
  MoveTo(x0,y0);
  repeat
  y:=ResCurrentL[i+2];
  LineTo(x0+Round(i*mx),y0-Round(y*my));
  inc(i);
  until i+2=n;
  end;
end;

procedure GrafikImage3; //график зависимости напряжения на индуктивности от
времени
var
ymin,ymax,y,my,mx:extended;
i,x0,y0:integer;
begin
i:=1;
ymin:=ResVoltageL[i+2];
ymax:=ResVoltageL[i+2];
  repeat
  y:=ResVoltageL[i];
  if y<ymin then ymin:=y;
  if y>ymax then ymax:=y;
  inc(i);
  until i=n;
my:=105/abs(ymax-ymin);
mx:=705/n;

x0:=0;
y0:=105-abs(Round(ymin*my));

i:=1;
with Form1.Image3.Canvas do
  begin
  MoveTo(x0,y0);

```

```

    repeat
    y:=ResVoltageL[i+2];
    LineTo(x0+Round(i*mx),y0-Round(y*my));
    inc(i);
    until i+2=n;
end;
end;

procedure GrafikImage4; //график зависимости тока на емкости от времени
var
ymin,ymax,y,my,mx:extended;
i,x0,y0:integer;
begin
i:=1;
ymin:=ResCurrentC[i+2];
ymax:=ResCurrentC[i+2];
    repeat
    y:=ResCurrentC[i];
    if y<ymin then ymin:=y;
    if y>ymax then ymax:=y;
    inc(i);
    until i=n;
my:=105/abs(ymax-ymin);
mx:=705/n;

x0:=0;
y0:=105-abs(Round(ymin*my));

i:=1;
with Form1.Image4.Canvas do
begin
MoveTo(x0,y0);
    repeat
y:=ResCurrentC[i+2];
LineTo(x0+Round(i*mx),y0-Round(y*my));
inc(i);
until i+2=n;
end;
end;

procedure GrafikImage5; //график зависимости напряжения на емкости от времени
var
ymin,ymax,y,my,mx:extended;
i,x0,y0:integer;
begin
i:=1;
ymin:=ResVoltageC[i+2];
ymax:=ResVoltageC[i+2];
    repeat
y:=ResVoltageC[i];
if y<ymin then ymin:=y;
if y>ymax then ymax:=y;
inc(i);
until i=n;
my:=105/abs(ymax-ymin);
mx:=705/n;

x0:=0;
y0:=105-abs(Round(ymin*my));

```

```

i:=1;
with Form1.Image5.Canvas do
begin
  MoveTo(x0,y0);
  repeat
    y:=ResVoltageC[i+2];
    LineTo(x0+Round(i*mx),y0-Round(y*my));
    inc(i);
  until i+2=n;
end;
end;

procedure TForm1.Button1Click(Sender: TObject); //кнопка "Расчет"
var
i,j:integer;
begin
E:=StrToFloat(Edit6.Text); //получение значений из полей Edit
C1:=StrToFloat(Edit5.Text)/1000000000; //
L3:=StrToFloat(Edit2.Text)/1000000; //
R1:=StrToFloat(Edit1.Text)*1000; //
R2:=StrToFloat(Edit3.Text)*1000; //
R3:=StrToFloat(Edit4.Text)*1000; //
delta:=StrToFloat(Edit7.Text)/1000000; //шаг дискретизации

R0:=R1+R2; // вычисление коэффициентов
a:=C1*L3; //
b:=L3*(R0+R3)/(R0*R3); //
c:=1; //
d:=-E/R0; //

Form1.Image2.Canvas.FillRect(Rect(0,0,750,105)); //стирание графиков
Form1.Image3.Canvas.FillRect(Rect(0,0,750,105)); //
Form1.Image4.Canvas.FillRect(Rect(0,0,750,105)); //
Form1.Image5.Canvas.FillRect(Rect(0,0,750,105)); //

for i:=1 to n do ResCurrentL[i]:= 0; i:=2;j:=3;//расчет тока на
индуктивности
repeat
  ResCurrentL[i+1]:=CurrentL(ResCurrentL[i-1],ResCurrentL[i]);
  inc(i);
until i=n ;
repeat //вывод значений в таблицу
  StringGrid1.Cells[0,j-2]:=FloatToStrF(ResCurrentL[j],ffGeneral,5,5);
  inc(j);
until j=n;

for i:=1 to n do ResVoltageL[i]:= 0; i:=2;j:=3;//расчет напряжения на
индуктивности
repeat
  ResVoltageL[i+1]:=VoltageL(ResCurrentL[i-1],ResCurrentL[i]);
  inc(i);
until i=n ;
repeat //вывод значений в таблицу
  StringGrid1.Cells[1,j-2]:=FloatToStrF(ResVoltageL[j],ffGeneral,5,5);
  inc(j);
until j=n;

for i:=1 to n do ResVoltageC[i]:= 0; i:=2;j:=3;//расчет тока на емкости

```

```

repeat
  ResVoltageC[i+1]:=VoltageC(ResCurrentL[i-1],ResCurrentL[i]);
  inc(i);
until i=n ;
repeat //вывод значений в таблицу
  StringGrid1.Cells[3,j-2]:=FloatToStrF(ResVoltageC[j],ffGeneral,5,5);
  inc(j);
until j=n;

for i:=1 to n do ResCurrentC[i]:= 0; i:=2;j:=3; //расчет напряжения на
индуктивности
repeat
  ResCurrentC[i+1]:=CurrentC(ResVoltageC[i-1],ResVoltageC[i]);
  inc(i);
until i=n ;
repeat //вывод значений в таблицу
  StringGrid1.Cells[2,j-2]:=FloatToStrF(ResCurrentC[j],ffGeneral,5,5);
  inc(j);
until j=n;

GrafikImage2;// запуск процедур прорисовки графиков
GrafikImage3;//
GrafikImage4;//
GrafikImage5;//
end;

procedure TForm1.FormCreate(Sender: TObject);
begin
StringGrid1.Cells[0,0]:='CurrentL';
StringGrid1.Cells[1,0]:='VoltageL';
StringGrid1.Cells[2,0]:='CurrentC';
StringGrid1.Cells[3,0]:='VoltageC';
Form1.Imagel.Picture.LoadFromFile('Shema.bmp');
end;

END.

```

ВЫВОДЫ

В работе проводилось изучение основных принципов мозгового штурма и техническое реализации различными методами. В ходе домашнего задание были проработаны принципы построения математической модели на примере электрической принципиальной схема и системы балок с жестким и свободным закреплением элементов. После построения математической модели систем можно предугадать дальнейшее ее поведение.

В работе проводится изучение основных принципов построения математических моделей. Среда программирования для осуществления моделирования является Delphi 7, язык программирования Паскаль. После построения математической модели легко предугадать дальнейшее развитие ситуации с течением времени, можно предугадать поведение модели и вовремя внести изменения в конструкцию, добавив или убрав необходимые или побочные блоки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Конспект лекций по математическому моделированию. Назаров А.В.
2. Основы программирования в Delphi 7. - Культин Н.Б., "БХВ-Петербург", 2005
3. Программирование в Delphi 7. – Архангельский А.Я., "Бином", 2003