**Северская Государственная Технологическая Академия**

**Имитационное структурное моделирование системы ЭП на ЦВМ с учетом нелинейностей**

**Северск** **2008**

**Цель работы**

Методом цифрового имитационного моделирования исследовать переходные процессы в элементах электропривода и автоматической системе регулирования с учетом влияния нелинейного момента нагрузки.

**Структурная и функциональная схемы системы**



Рис. 1 – Функциональная схема системы “ЭМУ – Д”



Рис. 2 – Структурная схема системы “ЭМУ – Д”

**Технические данные**

Данные для расчета представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Данные для расчета

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ЭМУ | | | | | | Двигатель | | | | | | ТГ |
| Еэму | К1 | Ту | К2 | Ткз | Rя эму | Uн | I | wн | Rяц | Тяц | Тэм | Ктг |
| В | - | с | - | с | Ом | В | А | рад/с | Ом | с | с | В⋅с |
| 230 | 1,5 | 0,05 | 1,5 | 0,17 | 5,3 | 220 | 4,25 | 157 | 2,9 | 0,02 | 0,18 | 1 |

Нелинейная зависимость момента сопротивления механизма приведена на рис. 3.



Рис. 3 - Нелинейная зависимость момента сопротивления механизма

**Краткое описание этапов и особенностей процесса моделирования**

На первом этапе необходимо оценить все возможные алгоритмы функционирования системы и выбрать наиболее полно отвечающий цели моделирования. Этот этап заканчивается принятием допущений и оценкой ограничений для процесса моделирования.

Второй этап подразумевает создание математических моделей системы и окружающей среды с учетом результатов и выводов первого этапа, причем, математические модели могут содержать взаимосвязанные подсистемы и элементы.

Третий этап содержит выбор способа решения уравнений математической модели. Затем разрабатывается алгоритм решения задачи и пишется программа на выбранном языке (PASCAL).

Заключительный, четвертый этап содержит отладку программы. Ввод данных, непосредственное решение задачи, вывод и анализ результатов.

**Составление математической модели для системы “ЭМУ – Д”**

На схеме (рис. 2) ЭМУ представлен в виде двух апериодических звеньев с коэффициентами К1 первого и К2 второго каскадов усиления и постоянными времени Ту обмотки управления и Ткз короткозамкнутой обмотки. Структурная схема двигателя состоит из безинерционного, интегрирующего и апериодического звеньев, параметры которых определяются сопротивлением якорной цепи Rяц, электромагнитной – Тяц и электромеханической – Тэм постоянными времени, а коэффициент передачи безинерционного звена С рассчитывается по номинальным данным двигателя.

Определяем величину сигнала ошибки на входе системы:



Для получения частного решения численным методом, например, Эйлера первого порядка необходимы конечно-разностные уравнения. Удобнее всего осуществить переход от передаточной функции звена к конечно-разностному уравнению.

В результате перехода к конечно-разностным уравнениям получим уравнения для пошагового машинного решения численным методом Эйлера первого порядка для апериодических звеньев:

**,**



**,**



Находим ЭДС управления еу на втором сумматоре схемы:

**.**



**,**



Моделирование нелинейного момента сопротивления механизма из-за трудоемкости описания его дифференциальными уравнениями проведем с использованием логических зависимостей:

– при пуске:

если , то ;



, то



Определим величину суммарного тока на третьем сумматоре схемы:

**.**



В результате перехода к конечно-разностным уравнениям получим уравнения для пошагового машинного решения численным методом Эйлера первого порядка для интегрирующего звена:

**,**



**Алгоритм расчета переходных процессов в системе “ЭМУ – Д”**

Выражения, приведенные в пункте 5, являются исходными для составления алгоритма решения задачи, в котором предусмотрено конечное время расчета переходного процесса tпп с шагом интегрирования Δt.

Алгоритм, представленный на рис. 3, соответствует пуску ДПТ при нелинейном моменте сопротивления механизма.



Рис. 4 – Алгоритм расчета переходных процессов в системе “ЭМУ – Д”

**Листинг программ расчета и графики переходных процессов**

**Пуск ДПТ при линейном моменте сопротивления механизма**

program map;

uses graph;

var

wnom,t,eu,Uvx,Tac,inl,ic,isum,inom,ia,w,k1,k2,ktg,du,ekz,emu,dt,

tpp,rc,Tu,Tkz,c,Tem:real;

x,y,gd,gm:integer;

begin

tpp:=12;

wnom:=157;

c:=1.322;

dt:=0.001;

Uvx:=10;

k1:=1.5;

k2:=1.5;

Tu:=0.05;

Tkz:=0.17;

rc:=5.3;

inom:=4.25;

Tac:=0.02;

Tem:=0.18;

ktg:=1;

w:=0;

gd:=vga;initgraph(gd,gm,'c:\BPascal\BGI');

setlinestyle(1,0,1);setcolor(2);

for x:=0 to 9 do

line(x\*70,0,x\*70,199);

for y:=0 to 9 do

line(0,y\*20,639,y\*20);

setcolor(5);

setlinestyle(0,0,1);setcolor(6);

line(0,120,639,120);

line(70,0,70,199);

setcolor(4); outtextxy(10,10,'w,rad/sec ');

setcolor(4); outtextxy(90,10,'Isum,A');

setcolor(4); outtextxy(580,125,'t,sec');

setcolor(7); outtextxy(120,125,'1,5 3.0 4.5 6.0 7.5 9.0');

setcolor(7); outtextxy(40,100,'4,0');

setcolor(7); outtextxy(40,80,'8,0');

setcolor(7); outtextxy(40,60,'12,0');setcolor(7); outtextxy(40,40,'16,0');

ic:=0.1\*inom;

while t<tpp do

begin

du:=Uvx-w\*ktg;

ekz:=ekz+(k1\*du-ekz)\*(dt/Tu);

emu:=emu+(k2\*ekz-emu)\*(dt/Tkz);

eu:=emu-w\*c;

ia:=ia+((eu/rc)-ia)\*(dt/Tac);

isum:=ia-ic;

w:=w+((rc\*isum\*dt)/(c\*Tem));

t:=t+dt;

putpixel(round(70+t\*700/tpp),round(120-w\*5),1);

putpixel(round(70+t\*700/tpp),round(120-Isum\*5),4);

end;

readln;

closegraph;

writeln('Pusk DPT pri lineinom momente soprotivleniya');

writeln('');

writeln('Chastota vrasheniya w=',w:6:2);

writeln('Tok yakorya ia:=',ia:4:2);

writeln('Signal oshibki dU=',ia:4:2);

writeln('EDS kz Ekz=',ekz:6:2);

writeln('EDS emu Emu=',emu:6:2);

writeln('EDS oy Ey=',eu:4:2);

writeln('isum=',isum:4:2);

readln;

end.

**Пуск ДПТ при нелинейном моменте сопротивления механизма**

program map;

uses graph;

var

wnom,t,eu,Uvx,Tac,inl,ic,isum,inom,ia,w,k1,k2,ktg,du,ekz,emu,dt,

tpp,rc,Tu,Tkz,c,Tem,inel:real;

x,y,gd,gm:integer;

begin

gd:=vga;initgraph(gd,gm,'c:\BPascal\BGI');

tpp:=2;

wnom:=157;

c:=1.322;

dt:=0.001;

Uvx:=10;

k1:=1.5;

k2:=1.5;

Tu:=0.05;

Tkz:=0.17;

rc:=5.3;

inom:=4.25;

Tac:=0.02;

Tem:=0.18;

ktg:=1;

w:=0;

setlinestyle(1,0,1);setcolor(2);

for x:=0 to 9 do

line(x\*70,0,x\*70,199);

for y:=0 to 9 do

line(0,y\*20,639,y\*20);

setcolor(5);

setlinestyle(0,0,1);setcolor(6);

line(0,120,639,120);

line(70,0,70,199);

setcolor(4); outtextxy(10,10,'w,rad/sec ');

setcolor(4); outtextxy(90,10,'Isum,A');

setcolor(4); outtextxy(580,125,'t,sec');

setcolor(7); outtextxy(120,125,'6,0 12.0 18.0 24.0 30.0 36.0 42.0 48.0');

ic:=0.1\*inom;

while t<tpp do

begin

du:=Uvx-w\*ktg;

ekz:=ekz+(k1\*du-ekz)\*(dt/Tu);

emu:=emu+(k2\*ekz-emu)\*(dt/Tkz);

eu:=emu-w\*c;

if 0<w<0.5\*wnom THEN inel:=(w/wnom)\*2\*inom; if w>0.5\*wnom THEN inel:=0.5\*inom;

isum:=ia-(ic+inel);

w:=w+((rc\*isum\*dt)/(c\*Tem));

t:=t+dt;

putpixel(round(70+t\*700/tpp),round(120-w\*0.100),1);

putpixel(round(70+t\*700/tpp),round(120-isum\*9),4);

end;

readln;

closegraph;

writeln('Pusk DPT pri nelineinom momente soprotivleniya');

writeln('');

writeln('Chastota vrasheniya w=',w:6:2);

writeln('Tok yakorya ia:=',ia:4:2);

writeln('Signal oshibki dU=',ia:4:2);

writeln('EDS kz Ekz=',ekz:6:2);

writeln('EDS emu Emu=',emu:6:2);

writeln('EDS oy Ey=',eu:4:2);

writeln('isum=',isum:4:2);

readln;

end.

**Результаты программы расчета переходных процессов в системе “ЭМУ-Д”**

Пуск ДПТ при линейном моменте нагрузки:

W=51 с-1, ia=0,44 А, dU=32.17 B, Ekz=48.28 B, Emu=72.55 B, Ey=1.26 B, isum=0.02 A

Пуск ДПТ при нелинейном моменте нагрузки:

W=54.4 с-1, ia=2,20 А, dU=31.8 B, Ekz=50.78 B, Emu=81.12 B, Ey=4.86 B, isum=0.02 A