**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**Санкт-Петербургский государственный**

**электротехнический университет**

**«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)**

**Кафедра КСУ**

отчет

**по лабораторной работе №2**

**по дисциплине «Моделирование систем управления»**

Тема: Исследование статических режимов   
динамической системы

Вариант 4

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Студенты гр. 9491 |  | Лобазев Н.А.  Кустов Д.И.  Соколов М.О. |
| Преподаватель |  | Лукомская О.Ю. |

Санкт-Петербург

2023

**Цель работы**

преобразовать исходную систему уравнений в СНЛАУ, описывающyю статические режимы; используя пакет MATLAB, решить полученную СНЛАУ и рассчитать статические характеристики динамической системы.

В исходных уравнениях объекта выделить переменные состояния и входные переменные. Исключить промежуточные переменные и записать СНЛАУ в нормированном виде.

**Ход работы**

Исходные уравнения

Избавимся от алгебраических уравнений

Система дифференциальных уравнений в форме Коши

Исключим переменные, не являющиеся переменными состояния

Нормируем все переменные входа и выхода

Перепишем систему с учетом нормирования переменных

Переменные состояния:

Входные переменные:

Запишем матрицу частных производных

Напишем код для построения семейства статических характеристик

**fun\_F.m**

|  |
| --- |
| % вычисление значения функции f(x, u)  function f = fun\_F(x,u)  global r\_V;  global r\_YA;  global w;  global L\_YA;  global R\_0N;  global c\_e;  global c\_M;  global J;  global Fi\_N;  global omega\_N;  global i\_N;  global M\_VN;  global U\_VN;  global i\_VN;  global i\_GN;  global F\_N;  global p;  f1 = ((i\_N \* R\_0N \* w) / (r\_V \* F\_N)) \* u(2) - polyval(p, x(1));  f2 = (c\_e \* omega\_N \* Fi\_N) \* x(1) \* x(3) - (i\_GN \* r\_YA) \* x(2) - i\_N \* R\_0N \* u(2);  f3 = (M\_VN) \* u(1) - (c\_M \* Fi\_N \* i\_GN) \* x(1) \* x(2);  f = [f1; f2; f3];  end |

**fun\_G.m**

|  |
| --- |
| % вычисление значений матрицы частных производных G(x, u)  function g = fun\_G(x,u)  global r\_V;  global r\_YA;  global w;  global L\_YA;  global R\_0N;  global c\_e;  global c\_M;  global J;  global Fi\_N;  global omega\_N;  global i\_N;  global M\_VN;  global U\_VN;  global i\_VN;  global i\_GN;  global F\_N;  global p;  g1 = [-polyval(polyder(p),x(1)), 0, 0]; % polyder возвращает производную полинома 'p'  g2 = [(c\_e \* omega\_N \* Fi\_N) \* x(3), (-i\_GN \* r\_YA), (c\_e \* omega\_N \* Fi\_N) \* x(1)];  g3 = [(-c\_M \* Fi\_N \* i\_GN) \* x(2), (-c\_M \* Fi\_N \* i\_GN) \* x(1), 0];  g = [g1; g2; g3];  end |

**newton.m**

|  |
| --- |
| function [x] = newton(F,G,x0,u,e)  % solve nonlinear algebraic equation system by Newton method  %  % f(x,u)=0,  % -1  % x =x -g (x ,u)\*f(x,u ) , g(x,u)=grad(f(x,u))  % k+1 k k k  %  % x =x0; |f(x ,u)| < e  % 0 k+1  %  % F - name of function which calculates y=f(x,u) (should be written - 'F')  % function y=F(x,u) have following input variables:  % G - name of function which calculates gradient f by x (written as 'G')  % function g=G(x,u) have following input variables:  % x - argument (vector column);  % u - parameter's vector (vector column)  % x0 - initial condition;  % e - precision (number)  t=0;  y=feval(F,x0,u);  x=x0;  while(norm(y)>e)  gr=feval(G,x,u);  x=x-inv(gr)\*y;  y=feval(F,x,u);  clc,disp(y)  end  end |

**main.m**

|  |
| --- |
| % очистка экрана и рабочего пространства  clc;  clear;  close;  global r\_V; r\_V = 97.2;  global r\_YA; r\_YA = 0.05;  global w; w = 3000;  global L\_YA; L\_YA = 0.03;  global R\_0N; R\_0N = 4;  global c\_e; c\_e = 130;  global c\_M; c\_M = 120;  global J; J = 1.2;  global Fi\_N; Fi\_N = 0.01;  global omega\_N; omega\_N = 100;  global i\_N; i\_N = 100;  global M\_VN; M\_VN = 300;  global U\_VN; U\_VN = 400; % лр №1  global i\_VN; i\_VN = U\_VN / r\_V;  global i\_GN; i\_GN = i\_N + i\_VN;  global F\_N; F\_N = i\_VN \* w;  global p; p = [-0.0014 0.1628 -0.4707 0.4731 -0.0316 0];  % M\_VN = var, R\_0N = const  u1 = 1.2:-0.2:0.2;  u\_1 = [u1; ones(size(u1)); ones(size(u1))];  x0 = [1; 1; 1];  xx = [];  for i = 1:length(u1)  x = newton('fun\_F', 'fun\_G', x0, u\_1(:,i), 0.001);  xx = [xx x];  x0 = x;  end  % уменьшим на 20% M\_VN  u1\_minus20 = 1.2 \* 0.8:-0.2 \* 0.8:0.2 \* 0.8;  u\_1\_minus20 = [u1\_minus20; ones(size(u1\_minus20)); ones(size(u1\_minus20))];  x0\_minus20 = [1; 1; 1];  xx\_minus20 = [];  for i = 1:length(u1\_minus20)  x\_minus20 = newton('fun\_F', 'fun\_G', x0\_minus20, u\_1\_minus20(:,i), 0.001);  xx\_minus20 = [xx\_minus20 x\_minus20];  x0\_minus20 = x\_minus20;  end  % построение графиков Fi\_N(M\_V\_N), i\_GN(M\_V\_N), omega\_N(M\_V\_N)  figure(1);  plot(u1, xx(1,:), 'b-', u1\_minus20, xx\_minus20(1,:), 'b--');  legend('Fi\_N(M\_V\_N)', 'Fi\_N(M\_V\_N\*0.8)');  xlabel('M\_V\_N');  ylabel('Fi\_N');  title('Зависимость Fi\_N от M\_V\_N')  grid on;  figure(2);  plot(u1, xx(2,:), 'r-', u1\_minus20, xx\_minus20(2,:), 'r--');  legend('i\_G\_N(M\_V\_N)', 'i\_G\_N(M\_V\_N\*0.8)');  xlabel('M\_V\_N');  ylabel('i\_G\_N');  title('Зависимость i\_G\_N от M\_V\_N')  grid on;  figure(3);  plot(u1, xx(3,:), 'g-', u1\_minus20, xx\_minus20(3,:), 'g--');  legend('omega\_N(M\_V\_N)', 'omega\_N(M\_V\_N\*0.8)');  xlabel('M\_V\_N');  ylabel('omega\_N');  title('Зависимость omega\_N от M\_V\_N')  grid on;  figure(4);  hold on;  plot(u1, xx(1,:), 'b-', u1\_minus20, xx\_minus20(1,:), 'b--');  plot(u1, xx(2,:), 'r-', u1\_minus20, xx\_minus20(2,:), 'r--');  plot(u1, xx(3,:), 'g-', u1\_minus20, xx\_minus20(3,:), 'g--');  legend('Fi\_N(M\_V\_N)', 'Fi\_N(M\_V\_N\*0.8)', 'i\_G\_N(M\_V\_N)', 'i\_G\_N(M\_V\_N\*0.8)', 'omega\_N(M\_V\_N)', 'omega\_N(M\_V\_N\*0.8)');  xlabel('M\_V\_N'),  ylabel('Fi\_N (синий), i\_G\_N (красный), omega\_N (зеленый)');  title('Зависимости Fi\_N, i\_G\_N, omega\_N от M\_V\_N')  grid on;  hold off;  % M\_VN = const, R\_0N = var  u2 = 1.2:-0.2:0.2;  u\_2 = [ones(size(u2)); u2; ones(size(u2))];  x0 = [1; 1; 1];  xx = [];  for i = 1:length(u2)  x = newton('fun\_F', 'fun\_G', x0, u\_2(:,i), 0.001);  xx = [xx x];  x0 = x;  end  % уменьшим на 20% R\_0N  u2\_minus20 = 1.2 \* 0.8:-0.2 \* 0.8:0.2 \* 0.8;  u\_2\_minus20 = [ones(size(u2\_minus20)); u2\_minus20; ones(size(u2\_minus20))];  x0\_minus20 = [1; 1; 1];  xx\_minus20 = [];  for i = 1:length(u2\_minus20)  x\_minus20 = newton('fun\_F', 'fun\_G', x0\_minus20, u\_2\_minus20(:,i), 0.001);  xx\_minus20 = [xx\_minus20 x\_minus20];  x0\_minus20 = x\_minus20;  end  % построение графиков Fi\_N(R\_0N), i\_GN(R\_0N), omega\_N(R\_0N)  figure(5);  plot(u2, xx(1,:), 'b-', u2\_minus20, xx\_minus20(1,:), 'b--');  legend('Fi\_N(R\_0\_N)', 'Fi\_N(R\_0\_N\*0.8)');  xlabel('R\_0\_N');  ylabel('Fi\_N');  title('Зависимость Fi\_N от R\_0\_N')  grid on;  figure(6);  plot(u2, xx(2,:), 'r-', u2\_minus20, xx\_minus20(2,:), 'r--');  legend('i\_G\_N(R\_0\_N)', 'i\_G\_N(R\_0\_N\*0.8)');  xlabel('R\_0\_N');  ylabel('i\_G\_N');  title('Зависимость i\_G\_N от R\_0\_N')  grid on;  figure(7);  plot(u2, xx(3,:), 'g-', u2\_minus20, xx\_minus20(3,:), 'g--');  legend('omega\_N(R\_0\_N)', 'omega\_N(R\_0\_N\*0.8)');  xlabel('R\_0\_N');  ylabel('omega\_N');  title('Зависимость omega\_N от R\_0\_N')  grid on;  figure(8);  hold on;  plot(u2, xx(1,:), 'b-', u2\_minus20, xx\_minus20(1,:), 'b--');  plot(u2, xx(2,:), 'r-', u2\_minus20, xx\_minus20(2,:), 'r--');  plot(u2, xx(3,:), 'g-', u2\_minus20, xx\_minus20(3,:), 'g--');  legend('Fi\_N(R\_0\_N)', 'Fi\_N(R\_0\_N\*0.8)', 'i\_G\_N(R\_0\_N)', 'i\_G\_N(R\_0\_N\*0.8)', 'omega\_N(R\_0\_N)', 'omega\_N(R\_0\_N\*0.8)');  xlabel('R\_0\_N'),  ylabel('Fi\_N (синий), i\_G\_N (красный), omega\_N (зеленый)');  title('Зависимости Fi\_N, i\_G\_N, omega\_N от R\_0\_N')  grid on;  hold off; |

Построим графики статических характеристик.



Рис. 1. Зависимость FiN от MVN



Рис. 2. Зависимость iGN от MVN



Рис. 3. Зависимость от MVN

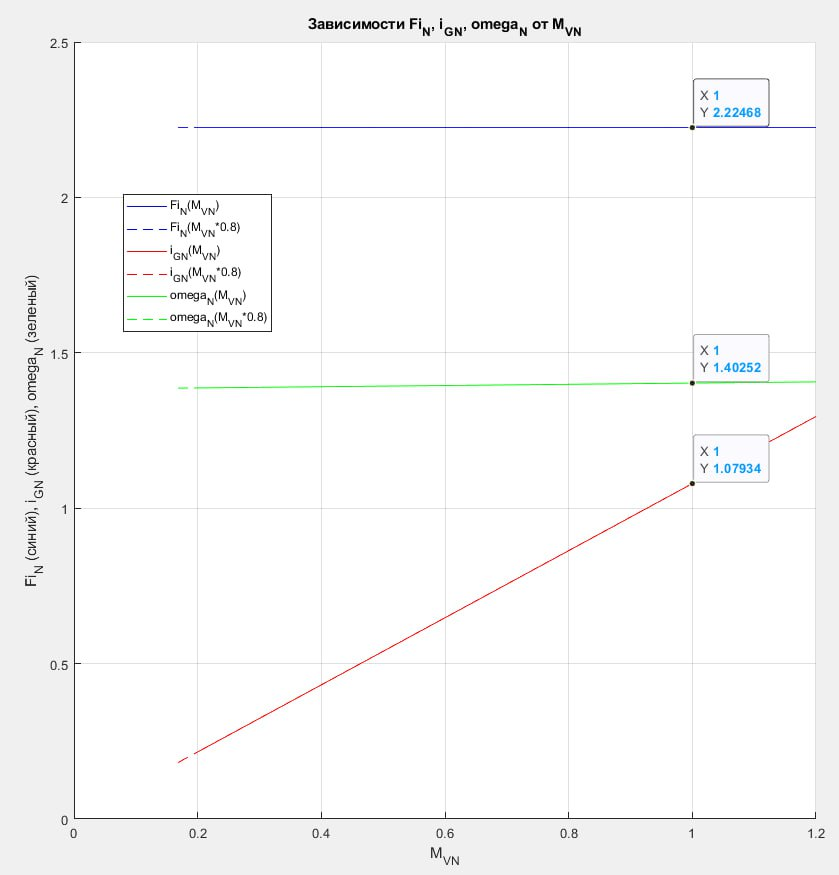


Рис. 4. Статические характеристики при =var, =const



Рис. 5. Зависимость FiN от R0N



Рис. 6. Зависимость iGN от R0N



Рис. 7. Зависимость от R0N

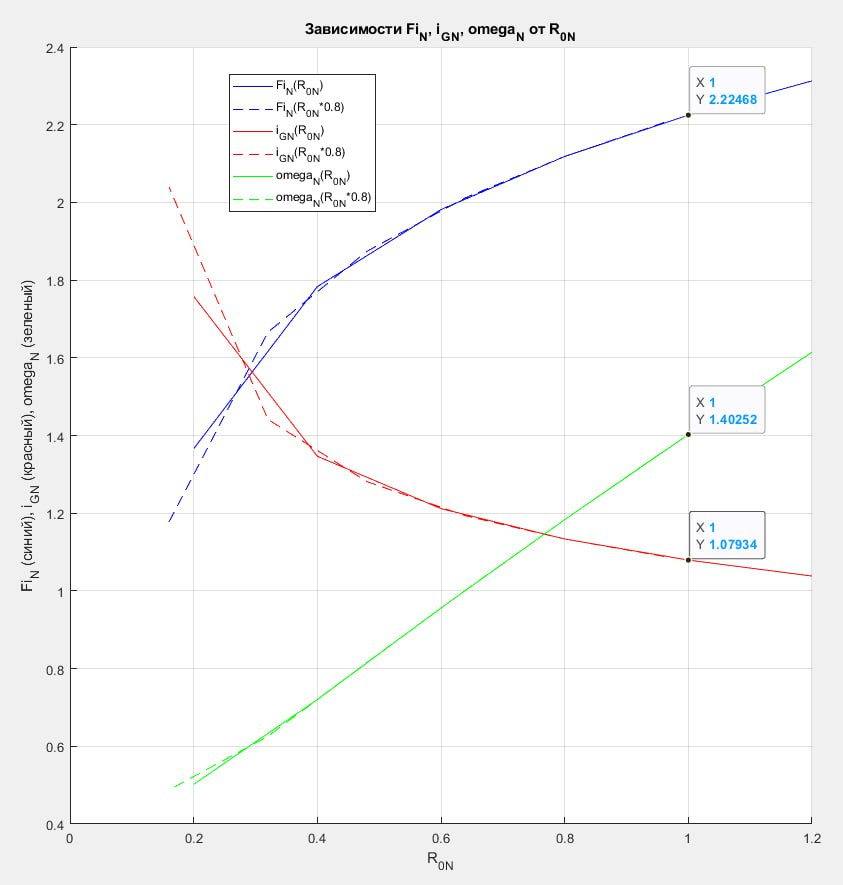


Рис. 8. Статические характеристики при =const, =var

**Вывод**

Рассчитаны статические характеристики динамической системы в виде СНЛАУ при помощи метода Ньютона. Статические характеристики строились для переменных состояния при изменении одной из входных переменных или с одновременной фиксацией другой входной переменной. При построении статических характеристик входное значение, которое остается постоянным при варьировании другого входного значения, численно равно единице, что соответствует значению соответствующего входного воздействия в номинальном режиме. Значение магнитного потока практически не зависит от изменения вращающего момента и сопротивления нагрузки.

Был рассчитан вектор выходных переменных при номинальных входных переменных .