НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

ОСНОВЫ ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ

**Задание № 5**

Расчет запаса устойчивости по норме решения матричного уравнения Ляпунова

Студент группы 17208

Альберт Рамилевич Гафиятуллин

25 мая 2020 г.

Преподаватель

Виталий Геннадьевич Казаков

"\_\_\_\_"\_\_\_\_\_\_\_2020 г.

**Системы управления с непрерывным временем.**

Для систем управления с ПИ- и ПИД-регуляторами из 1-го задания при нулевой задержке T=0 составлена программа для среды Scilab:

**для ПИД:**

1. *//----- непрерывный случай ---------------------------------------------*
2. T0 = 0.76;
3. n = 3;
4. Tau = 0;
5. K = 4.7;
6. Ti = 2.5;
7. Td = 0.25 \* Ti;
8. Tc = Td / 8;
9. s = poly(0, 's');
10. W1 = K \* (1 + 1 / (s \* Ti) + s \* Td / (1 + Tc \* s)) \* ((-Tau \* s + 2 \* n)^n / (Tau \* s + 2 \* n)^n) / (1 + s \* T0)^n;
11. W = W1 / (1 + W1);
12. Sys = syslin('c', W);
13. *// получаем матрицы A, B, C, D из КНФ*
14. [A, B, C, D] = abcd(Sys);
15. *// уравнение Ляпунова*
16. H = lyap(A, -eye(A), 'c');
17. I = spec(H);
18. disp(I);
19. *// вычисление запаса устойчивости*
20. if I > 0 then
21. kappa = norm(H, 2);
22. else
23. kappa = %inf;
24. end;
25. printf("непрывный случай: ||H|| = %f", kappa);

**для ПИ:**

1. *//----- непрерывный случай ---------------------------------------------*
2. T0 = 0.76;
3. n = 3;
4. Tau = 0;
5. K = 1.5;
6. Ti = 2.33;
7. s = poly(0, 's');
8. W1 = K \* (1 + 1 / (s \* Ti)) \* ((-Tau \* s + 2 \* n)^n / (Tau \* s + 2 \* n)^n) / (1 + s \* T0)^n;
9. W = W1 / (1 + W1);
10. Sys = syslin('c', W);
11. *// получаем матрицы A, B, C, D из КНФ*
12. [A, B, C, D] = abcd(Sys);
13. *// уравнение Ляпунова*
14. H = lyap(A, -eye(A), 'c');
15. I = spec(H);
16. disp(I);
17. *// вычисление запаса устойчивости*
18. if I > 0 then
19. kappa = norm(H, 2);
20. else
21. kappa = %inf;
22. end;
23. printf("непрывный случай: ||H|| = %f", kappa);

, вычисляющая:

1. матрицу A системы при записи в форме 1 порядка с матрицами A, B, C, D в строке 14;
2. решение матричного уравнения Ляпунова в строке 16;
3. собственные числа H и проверку положительной определенности H> 0 в строках 17 – 20;
4. показатель устойчивости κ(A)=||H||2 в строках 21 – 25.

Сравнение ПИ- и ПИД-регуляторов с оптимальными значениями параметров по значению показателя устойчивости κ(A):

|  |  |
| --- | --- |
| ПИ | ПИД |
| 6.893640 | 6.166642 |

Физический смысл показателя: это показатель неустойчивости. Чем больше значение, тем менее устойчива система. По этому показателю в данном случае ПИД-регулятор показывает себе немного лучше.

**Системы управления с дискретным временем.**

Для дискретных систем управления, построенных в 4-м задании (при задержке T=1,2 с.), при оптимальных значениях параметров ПИ- и ПИД-регуляторов для матриц Ad дискретных систем в форме 1-го порядка, описывающих регуляторы, сравнены показатели устойчивости κd(Ad). Для этого вычислено в Scilab решение Hd дискретного уравнения Ляпунова, проверена положительная определенность Hd>0, вычислен показатель κd(Ad)=||Hd||2. Листинги программ:

**для ПИ:**

1. *//----- дискретный случай ----------------------------------------------*
2. T0 = 0.76;
3. n = 3;
4. Tau = 1.2;
5. K = 0.481194691128603401778886212513064354113197630437637476688;
6. Ti = 1.30705212;
7. h = Tau / 100;
8. *// дискретизация*
9. s = poly(0, 's');
10. W1 = K \* (1 + 1 / (s \* Ti)) \* ((-Tau \* s + 2 \* n)^n / (Tau \* s + 2 \* n)^n) / (1 + s \* T0)^n;
11. W = W1 / (1 + W1);
12. Sys = syslin('c', W);
13. *// получаем матрицы A, B, C, D из КНФ*
14. Sysd = dscr(Sys, h);
15. *// уравнение Ляпунова*
16. H = lyap(Sysd.A, -eye(Sysd.A), 'd');
17. I = spec(H);
18. disp(I);
19. *// вычисление запаса устойчивости*
20. if I > 0 then
21. kappa = norm(H, 2);
22. else
23. kappa = %inf;
24. end;
25. printf("дискретный случай: ||H|| = %f", kappa);

**для ПИД:**

1. *//----- дискретный случай ----------------------------------------------*
2. T0 = 0.76;
3. n = 3;
4. Tau = 1.2;
5. K = 0.990429598092472398908886366054156368531953775584922568457;
6. Ti = 1.75703736;
7. Td = 0.25 \* Ti;
8. Tc = Td / 8;
9. h = Tau / 100;
10. *// дискретизация*
11. s = poly(0, 's');
12. W1 = K \* (1 + 1 / (s \* Ti) + s \* Td / (1 + Tc \* s)) \* ((-Tau \* s + 2 \* n)^n / (Tau \* s + 2 \* n)^n) / (1 + s \* T0)^n;
13. W = W1 / (1 + W1);
14. Sys = syslin('c', W);
15. *// получаем матрицы A, B, C, D из КНФ*
16. Sysd = dscr(Sys, h);
17. *// уравнение Ляпунова*
18. H = lyap(Sysd.A, -eye(Sysd.A), 'd');
19. I = spec(H);
20. disp(I);
21. *// вычисление запаса устойчивости*
22. if I > 0 then
23. kappa = norm(H, 2);
24. else
25. kappa = %inf;
26. end;
27. printf("дискретный случай: ||H|| = %f", kappa);

|  |  |
| --- | --- |
| ПИ | ПИД |
| 4903.481545 | 142047.961717 |

Физический смысл показателя: это показатель неустойчивости. Чем больше значение, тем менее устойчива система. По этому показателю в данном случае ПИ-регулятор показывает себе намного лучше.

Результаты изложены в виде краткого отчета. Приведены листинги программ для среды Scilab.