

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.
10. s = poly(0, 's');
11. 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;
12. W = W1 / (1 + W1);
13. Sys = syslin('c', W);
14.
15. // получаем матрицы A, B, C, D из КНФ
16. [A, B, C, D] = abcd(Sys);
17. // уравнение Ляпунова
18. H = lyap(A, -eye(A), 'c');
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("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.
8. s = poly(0, 's');
```

```

9. W1 = K * (1 + 1 / (s * Ti)) * ((-Tau * s + 2 * n)^n / (Tau * s + 2 * n)^n) / (1 + s *
    T0)^n;
10. W = W1 / (1 + W1);
11. Sys = syslin('c', W);
12.
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);

```

, 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 $\kappa(A) = \|H\|_2$ в строках 21 – 25.

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

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 A_d дискретных систем в форме 1-го порядка,

описывающих регуляторы, сравнены показатели устойчивости $\kappa_d(A_d)$. Для этого вычислено в Scilab решение H_d дискретного уравнения Ляпунова, проверена положительная определенность $H_d > 0$, вычислен показатель $\kappa_d(A_d) = \|H_d\|_2$. 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.
8. h = Tau / 100;
9.
10. // дискретизация
11. s = poly(0, 's');
12. W1 = K * (1 + 1 / (s * Ti)) * ((-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);

```

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.
10. h = Tau / 100;
11.
12. // дискретизация
13. s = poly(0, 's');
14. 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;
15. W = W1 / (1 + W1);
16. Sys = syslin('c', W);
17. // получаем матрицы A, B, C, D из КНФ
18. Sysd = dscr(Sys, h);
19. // уравнение Ляпунова
20. H = lyap(Sysd.A, -eye(Sysd.A), 'd');
21. I = spec(H);
22. disp(I);
23. // вычисление запаса устойчивости
24. if I > 0 then
25. kappa = norm(H, 2);
26. else
27. kappa = %inf;
28. end;
29. 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.