

УДК 681.5.01

Студ. А.В. Черкашин
 Рук. Г.Г. Ордуянц, П.А. Серков
 УГЛТУ, Екатеринбург

ОЦЕНКА УПРАВЛЯЕМОСТИ И НАБЛЮДАЕМОСТИ ЛИНЕЙНЫХ АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ МЕТОДОМ ПЕРЕМЕННЫХ СОСТОЯНИЯ

При анализе движения линейных автоматических систем с помощью обыкновенных дифференциальных уравнений возможно определение многих параметров динамических характеристик. Но весьма затруднительным является определение таких характеристик линейных объектов, как их управляемость и наблюдаемость. Между тем эти характеристики весьма несложно определить, если провести анализ движения линейных систем методом переменных состояния. Этот метод неоднозначен и зависит от выбора переменных состояния. Наиболее простой вариант применения этого метода получится, если в качестве переменных состояния выбрать выходной сигнал, скорость его изменения, скорость изменения скорости и т.д. Движение линейной системы при этом описывается системой дифференциальных уравнений, матричная форма которой в соответствии с [1, 2] сводится к виду

$$\dot{X} = A\dot{x} + Bu.$$

В качестве примера рассмотрим автоматическую систему, описываемую дифференциальными уравнениями такого вида:

$$\ddot{y} + \dot{y} + 5\dot{y} + 2y = 3u.$$

В качестве переменных состояния выбирается $x_1 = y, x_2 = \dot{y}, x_3 = \ddot{y}$. Тогда исходное дифференциальное уравнение может быть представлено в виде системы уравнений первого порядка:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2, \\ \dot{x}_2 = x_3, \\ \dot{x}_3 = -x_3 - 5x_2 - 2x_1 + 3u, \\ y = x_1. \end{cases}$$

В матричной форме $\dot{X} = Ax + Bu$ матрицы A и B таковы:

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -2 & -5 & -1 \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 3 \end{bmatrix}.$$

Эти выражения дополняются уравнением выхода $y = Cx$, где матрица $C = [1 \ 0 \ 0]$. Объект считается управляемым [1, 2], если существует ограниченное управляемое воздействие $u(t)$, с помощью которого можно перевести его из начального состояния $x(0)$ в заданное конечное $x(T)$ за конечное время T . Критерием управляемости одноканального объекта является условие $\det\{U\} \neq 0$, где $U = [B \ AB \ A^2B]$ для рассматриваемой системы 3-го порядка. Для приведенных выражений матриц A и B получим

$$AB = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -2 & -5 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 3 \\ -3 \end{bmatrix},$$

$$A^2B = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -2 & -5 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 3 \\ -3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3 \\ -3 \\ -12 \end{bmatrix}.$$

Тогда

$$U = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 3 \\ 0 & 3 & -3 \\ 3 & -3 & -12 \end{bmatrix}, \det\{U\} = -27 \neq 0.$$

Следовательно, объект является управляемым.

Объект является наблюдаемым, если в любой момент времени можно определить его переменные состояния X по данным измерения выходного сигнала $y(t)$ и управляющего воздействия $u(t)$.

Для одноканального объекта критерием наблюдаемости явления будет условие $\det\{N\} \neq 0$, где $N = \begin{bmatrix} C \\ CA \\ CA^2 \end{bmatrix}$ для рассматриваемой системы.

С учетом вида матриц A и C получается:

$$CA = [1 \ 0 \ 0] \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -2 & -5 & -1 \end{bmatrix} = [0 \ 1 \ 0],$$

$$CA^2 = [0 \ 1 \ 0] \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -2 & -5 & -1 \end{bmatrix} = [0 \ 0 \ 1],$$

$$N = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad a \det\{N\} = 1 \neq 0.$$

Следовательно, объект является наблюдаемым.

Библиографический список

1. Востриков А.С., Французова Г.А. Теория автоматического регулирования. М.: Высшая школа. 2006. – 365 с.
2. Ким Д.П., Дмитриева Н.Д. Сборник задач по теории автоматического управления. М.: ФИЗМАТЛИТ. 2007. – 168 с.

УДК 630.30

Студ. А.В. Черкашин
Рук. С.П. Санников
УГЛТУ, Екатеринбург

БЫТОВОЙ ПРОГРАММИРУЕМЫЙ ТАЙМЕР С ФУНКЦИЕЙ ЭЛЕКТРОННОГО МЕТРОНОМА

На кафедре АПП УГЛТУ в рамках курсового проекта был разработан бытовой программируемый таймер с промежуточной выдачей сигналов управления и функцией электронного метронома.

Программируемый таймер предназначен для включения или отключения различных энергопотребителей в заданные пользователем промежутки времени в соответствии с выбранным режимом.

В функциональный состав таймера входит метроном – устройство, которое производит регулярные повторяющиеся звуки в устойчивом темпе, обозначенные количеством ударов в минуту (или *bpm*). Это устройство имеет множество применений для музыкантов, а также для студентов и