<u>Билет №15</u>

1. *Понятие об адаптивных системах управления. Общие принципы построения адаптивных систем управления.*

Адаптивное управление — совокупность методов теории управления, позволяющих синтезировать системы управления, которые имеют возможность изменять параметры регулятора или структуру регулятора в зависимости от изменения параметров объекта управления или внешних возмущений, действующих на объект управления. Подобные системы управления называются адаптивными. Адаптивное управление широко используется во многих приложениях теории управления.

По характеру изменений в управляющем устройстве адаптивные системы делят на:

- самонастраивающиеся (изменяются только значения параметров регулятора)
- самоорганизующиеся (изменяется структура самого регулятора).

По способу изучения объекта системы делятся на:

- поисковые
- беспоисковые.

В первой группе особенно известны экстремальные системы, целью управления которых является поддержание системы в точке экстремума статических характеристик объекта. В таких системах для определения управляющих воздействий, обеспечивающих движение к экстремуму, к управляющему сигналу добавляется поисковый сигнал. Беспоисковые адаптивные системы управления по способу получения информации для подстройки параметров регулятора делятся на:

- системы с эталонной моделью (ЭМ)
- системы с идентификатором, в литературе иногда называют, как системы с настраиваемой моделью (НМ).

Адаптивные системы с ЭМ содержат динамическую модель системы, обладающую требуемым качеством. Адаптивные системы с идентификатором делятся по способу управления на:

- прямой
- косвенный(непрямой).

При косвенном адаптивном управлении сначала делается оценка параметров объекта, после чего на основании полученных оценок определяются требуемые значения параметров регулятора и производится их подстройка. При прямом адаптивном управлении благодаря учёту взаимосвязи параметров объекта и регулятора производится непосредственная оценка и подстройка параметров регулятора, чем исключается этап идентификации параметров объекта. По способу достижения эффекта самонастройки системы с моделью делятся на:

- системы с сигнальной (пассивной)
- системы с параметрической (активной) адаптацией.

В системах с сигнальной адаптацией эффект самонастройки достигается без изменения параметров управляющего устройства с помощью компенсирующих сигналов. Системы, сочетающие в себе оба вида адаптации называют комбинированными.

[wiki]

[F. Chaki современная теория управления.   Часть VI]

2. ***Понятие наблюдаемости и управляемости. Критерии наблюдаемости и управляемости. Матрицы Фрабениуса и управляемое каноническое представление, управляемая форма Луенбергера, идентификационное каноническое представление, наблюдаемая форма Луенбергера.***

Понятие наблюдаемости и управляемости. Критерии наблюдаемости и управляемости. Матрица Фробениуса и управляемое каноническое представление (управляемая форма Луенбергера).

Процесс G называют **управляемым** если на каждую переменную состояния G можно целенаправленно воздействовать с помощью неограниченного сигнала управления u(t) в течении конечного времени.

Процесс G называют **наблюдаемым** если каждая переменная состояния процесса обуславливает изменение некоторых выходных переменных процесса.

2.2. Управляемое каноническое представление

Рассмотрим другую каноническую форму *управляемое каноническое представление* (*УКП*) [3], которая иногда называется также канонической формой *"с общим выходом"*, канонической формой *фазовой переменной* [47, 102] либо *управляемой формой Луенбергера* [1, 174]. [5]

Запишем матрицу A в виде

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & \dots & & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \dots & & 0 \\ \vdots & & \dots & & \dots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 1 \\ -a_n & -a_{n-1} & -a_{n-2} & \dots & -a_2 & -a_1 \end{bmatrix}, \qquad (2.10)$$

где $a_1, a_2, \dots, a_n$ некоторые коэффициенты. [6] Вычислим ее характеристический многочлен. Как нетрудно убедиться, $\mathrm{A}(s) = s^n + a_1 s^{n-1} + a_2 s^{n-2} + \dots + a_{n-1}s + a_n$. Таким образом, коэффициенты характеристического многочлена располагаются в последней строке матрицы A. Матрицы такого вида называются *сопровождающими для своего характеристического многочлена*, или *матрицами Фробениуса*. [7] Данные матрицы обладают рядом интересных свойств (см. [53, 115] и п. 3.2.1. с. 84). В частности, коэффициенты характеристического многочлена таких матриц определяются без вычислений.

Критерии наблюдаемости и управляемости

7.2. Критерии управляемости

Исследование управляемости линейных стационарных систем можно проводить на основе ряда эквивалентных критериев. Ниже даны некоторые критерии управляемости стационарных систем [3, 30, 83].

1. (Критерий Калмана). *Матрица управляемости*

$$Q_y \triangleq [B, AB, \dots, A^{n-1}B] \quad \text{размера } (n \times nm) \qquad (7.$$

имеет полный ранг, [2] $\mathrm{rank} Q_y = n$, где n – размерность пространства состояний системы. Как известно [47], подпро-

2. Не существует ни одной невырожденной матрицы T, $\det T \neq 0$, такой, что система, полученная преобразованием подобия $\tilde{A} = TAT^{-1}$, $\tilde{B} = TB$, имеет матрицы $\tilde{A}$, $\tilde{B}$ вида

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} \\ \mathbf{0}_{n_2 \times n_1} & A_{22} \end{bmatrix}, \quad \tilde{B} = \begin{bmatrix} B_1 \\ \mathbf{0}_{n_2 \times m} \end{bmatrix}. \qquad (7.$$

Такая структура матриц $\tilde{A}$, и $\tilde{B}$ означает, что в соответствующем базисе вектор состояния $\tilde{x} \in \mathcal{R}^n$ можно представить в виде $\tilde{x} = \mathrm{col}\{\tilde{x}_1, \tilde{x}_2\}$, $\tilde{x}_1 \in \mathcal{R}^{n_1}$, $\tilde{x}_2 \in \mathcal{R}^{n_2}$, $n = n_1 + n_2$, пр

4. Для любого многочлена $D(s) = s^n + d_1 s^{n-1} + \ldots + d_n$, где $d_i \in \mathcal{R}$ заданные постоянные числа, найдется такая $m{\times}n$-матрица K, что $\det(s\mathbf{I}_n - A + BK) = D(s)$.

Это свойство означает, что для полностью управляемой системы всегда имеет решение задача *модального управления по состоянию* обеспечения заданных значений коэффициентов характеристического многочлена замкнутой системы с помощью регулятора в цепи обратной связи вида $u(t) = -Kx(t)$. [5]

5. Не существует ни одной отличной от нуля матрицы C такой, чтобы передаточная функция $\mathrm{W}(s) = C(s\mathbf{I} - A)^{-1}B$ тождественно (для всех s) равнялась нулю.

6. Равенство $C\mathbf{e}^{At}B = 0$ при всех t, $t_1 < t < t_2$ для некоторого $C \in \mathcal{R}^n$ возможно только при $C = 0$.

7.3. Критерии наблюдаемости. Теорема дуальности

Для исследования наблюдаемости систем также имеется несколько эквивалентных критериев. В частности, по аналогии со свойством п.6 управляемости равенство $C\mathbf{e}^{At}x_0 = 0$ при всех t, t_1, t_2, $t_1 < t < t_2$ возможно только при $x_0 = 0$. Следовательно, наблюдая за выходом $y(t) = Cx(t)$ такой системы при нулевом входе, всегда можно определить, находится ли система в состоянии равновесия.

Другим критерием полной наблюдаемости является равенство $\mathrm{rank} Q_{\text{н}} = n$, где n размерность пространства состояний системы, $Q_{\text{н}}$ *матрица наблюдаемости*, $Q_{\text{н}} \triangleq [C^T, A^T C^T, \ldots, (A^T)^{n-1} C^T]$ размера $n{\times}nl$. В частности, для MISO-систем ($l = 1$) матрица наблюдаемости должна быть невырожденной.

Идентификационное каноническое представление (наблюдаемая форма Луенбергера).

Например, применяется также *идентификационное каноническое представление (ИКП),* или *наблюдаемая форма Луенбергера*, при котором матрица *A* является транспонированной матрицей Фробениуса, а *C* = [0, . . . 0 , 1] .