

## **СИНТЕЗ СИСТЕМЫ МОДАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ШАРНИРА МАНИПУЛЯТОРА СБОРОЧНОГО РОБОТА**

Титков С.Ю., группа СУА-06 м

Руководитель доц. каф. АТ Рафиков Г.Ш.

По мере развития машиностроения, прежде всего, автоматизировались наиболее сложные и трудоемкие операции, связанные с изменениями формы и размеров изделий. Загрузка и разгрузка технологического оборудования осуществлялась обычно вручную или простейшими средствами механизации. В последнее время большое внимание уделяется автоматизации операций манипулирования — перемещения и ориентации изделий и инструмента

Современное автоматизированное сборочное оборудование (АСО) представляет собой комплекс сложных динамических систем. Сложность их обусловлена высокими требованиями к производительности и точности работы сборочного оборудования, а также разнообразием выполняемых им функций. Одним из важнейших вопросов, которые необходимо решать при проектировании и эксплуатации таких следящих систем, является вопрос об устойчивости системы. Другой не менее важный вопрос разработки — это обеспечения безкачкообразного режима работы системы и плавности переходных процессов в системе управления.

В данной работе рассматриваются вопросы синтеза законов управления, дающих возможность на базе построенных динамических моделей осуществлять эффективное управление манипулятором. Это обусловлено тем, что в основу современных методов управления положены математическая теория оптимальных процессов, теория пространства состояния и модальное управление. Применение методов пространства состояний дискретных динамических систем для математического описания манипулятора является

более предпочтительным в сравнении с методами управления непрерывных систем, так как реальное управление любым манипулятором осуществляется с помощью цифровой ЭВМ. В связи с этим, рассмотрение динамики манипулятора в дискретном времени позволяет избежать ошибок, связанных с квантованием сигналов в АЦП.

Для описания дискретной следящей системы шарнира манипулятора в пространстве параметров состояний задается математическая модель в виде системы векторно-матричных уравнений:

$$\begin{cases} x(k+1) = \Phi(T)x(k) + H(T)u(k); \\ y(k) = Cx(k), \end{cases} \quad (1)$$

где  $x(k)$  — вектор состояния;

$u(k)$  — вектор управления;

$\Phi(T)$  — матрица перехода состояния дискретной системы;

$H(T)$  — вектор управляемого перехода дискретной системы;

$T$  — период дискретизации.

Задача аналитического конструирования регулятора для дискретного объекта управления заключается в выборе структуры и параметров регулятора, вырабатывающего управление  $u(k)$ . Данное управление обеспечивает проектируемой системе требуемую совокупность показателей качества:

$$u(k) = -K \cdot \hat{x}(k), \quad (2)$$

где  $K$  — матрица линейных стационарных ОС по состояниям ОУ;

$\hat{x}(k)$  — вектор оценки переменных состояния системы.

Для нахождения матрицы  $K$  по заданным значениям переходного процесса  $t_n$  и перерегулированию  $\delta$  назначена эталонная модель в виде динамической системы:

$$\hat{x}_s(k+1) = F_s \cdot x_s(k); \quad y_s(k) = -C_s \cdot x_s(k), \quad (3)$$

где  $x_s(k)$  — вектор состояния эталонной модели;

$F_s$  — переходная матрица эталонной модели;

$y_s(k)$  — вектор выхода эталонной модели;

$C_0$  — матрица выхода эталонной модели.

Заданием матрицы  $F_0$  определяются желаемые полюса замкнутой системы.

Эти полюса удовлетворяют характеристическому уравнению переходной матрицы эталонной модели.

Для синтеза модального регулятора задана эталонная модель с биномиальным распределением корней характеристического уравнения, поскольку желаемый переходный процесс в этом случае протекает без перерегулирования:

$$(s + \omega_0)^n = s^n + n\omega_0 s^{n-1} + \frac{n(n-1)}{2!} \omega_0^2 s^{n-2} + \dots + n\omega_0^{n-2} s + \omega_0^n, \quad (4)$$

где  $\omega_0 > 0$  — изменяемый параметр, который выбирают исходя из заданного времени переходного процесса.

Стандартный полином определяет характеристическое уравнение матрицы  $F_0$ , то есть

$$\det[F_0 - zI] = z^n + a_{n-1}z^{n-1} + \dots + a_1z + a_0. \quad (5)$$

Для задания матриц  $F_0$  использована каноническая форма в виде матрицы Фробениуса.

Матрица линейных стационарных ОС по состояниям ОУ равна:

$$K = C_0 M^{-1}, \quad (6)$$

Алгебраическое матричное уравнение:

$$MF_0 - FM = -HC_0. \quad (7)$$

Решив относительно  $M$  уравнение (7), получены выражения:

$$\begin{aligned} \bar{m}_1 &= [a_1 I + a_2 \Phi + a_3 \Phi^2 + \Phi^3] \cdot [a_0 I + a_1 \Phi + a_2 \Phi^2 + a_3 \Phi^3 + \Phi^4]^{-1} \cdot H; \\ \bar{m}_2 &= [a_2 I + a_3 \Phi + \Phi^2] \cdot [a_0 I + a_1 \Phi + a_2 \Phi^2 + a_3 \Phi^3 + \Phi^4]^{-1} \cdot H; \\ \bar{m}_3 &= [a_3 I + \Phi] \cdot [a_0 I + a_1 \Phi + a_2 \Phi^2 + a_3 \Phi^3 + \Phi^4]^{-1} \cdot H; \\ \bar{m}_4 &= [a_0 I + a_1 \Phi + a_2 \Phi^2 + a_3 \Phi^3 + \Phi^4]^{-1} \cdot H, \end{aligned} \quad (8)$$

где  $\bar{m}_i$  — векторы, содержащие столбцы матрицы  $M$ .

Регулятор, вырабатывающий закон управления (2), является динамическим регулятором, так как в его структуру входит модальный регулятор и дополнительное динамическое звено — эстиматор состояния.

Поскольку в данной следящей системе одна из компонент вектора состояния измерима и известна, то оставшиеся переменные состояния восстанавливаются с помощью синтезированного эстиматора состояния пониженного порядка. В общем случае векторно-матричное уравнение динамики эстиматора имеет вид:

$$\hat{v}(k+1) = \Phi_E \hat{v}(k) + K_E y(k) + H_E u(k), \quad (9)$$

$$\Phi_E = P - K_n R;$$

Где  $K_E = PK_n - K_n RK_n + Q - K_n S;$

$$H_E = H_1 - K_n H.$$

В результате выполнения данной работы:

1. Получены уравнения движения электропривода шарнира манипулятора сборочного робота;
2. Синтезирован модальный регулятор на основе желаемых полюсов, заданных с помощью биномиального закона распределения корней;
3. Получен алгоритм работы эстиматора состояния для восстановления неизмеряемых координат;
4. На основе синтезированных модального регулятора и эстиматора состояния разработан динамический регулятор, обеспечивающий заданные показатели качества следящей системы управления шарниром манипулятора сборочного робота.

#### Перечень ссылок

1. Фу, Кисан и др. Робототехника. — М.: Мир 1989.
2. Синтез дискретных регуляторов при помощи ЭВМ / В.В. Григорьев, В.Н. Дроздов, В.В. Лаврентьев, А.В. Ушаков. — Л.: Машиностроение 1983.
3. Стрейц В. Метод пространства состояний в теории дискретных линейных систем управления. — М.: Наука, 1985.