

УДК 658.5

ОПТИМИЗАЦИЯ ДВИЖЕНИЯ РАБОЧЕГО ОРГАНА ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ В УСЛОВИЯХ ГИБКОГО АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА.

Кулак И.В., старший преподаватель кафедры ИиАПС
Кузбасский государственный университет имени Т.Ф. Горбачева,
г. Кемерово

Автоматизация промышленного производства осуществляется за счет применения гибких средств автоматизации промышленных процессов и вычислительной техники на протяжении всего производственного цикла промышленной продукции. При этом автоматизация продукции подразумевает применение гибких производственных модулей. В случае применения автоматизированных поргрузочно -разгрузочных операций в составе ГАП стоит задача гибкого автоматического программирования и оптимизации движений исполнительных органов и механизмов.

Решение данной задачи сложно формализуемо и требует проектирования программируемой траектории (ПТ) отдельных единиц оборудования. При этом необходимо обеспечить их взаимное скоординированное взаимодействие в соответствии с условиями заданного технологического процесса. При этом общую задачу гибкого программирования ГПМ можно разделить на две подзадачи:

- 1) Программирование траекторий отдельных единиц технологического оборудования;
- 2) Объединение и координация построенных ПТ для всей группы оборудования.

Решение первой задачи является более трудоемкой. Сложности возникают в первую очередь при автоматическом программировании траектории движения манипулятора исполнительного механизма робота. (схват манипулятора, мерительный инструмент и т. д.). Привод робота, формирующий соответствующие моменты и силы, управляет соответствующими звеньями робота и исполнительным органом. Чтобы сформировать необходимые управляющие воздействия требуется построить программируемую траекторию исполнительного органа манипулятора.

Пусть структура исполнительного органа робота, обладающего в заданный отрезок времени t количеством n степеней свободы определяется n -мерным вектором управляемых координат $a = |a_i(t)|_{i=1}^n$.

Тогда положение рабочего органа r исходя из заданной структуры исполнительного органа можно выразить через уравнение кинематики следующего вида

$$F(a) = r. \quad (1)$$

Под воздействием вектора управляющих сил или моментов $w = |w_i(t)|_{i=1}^n$. Движение рабочего органа будет определяться следующим уравнением динамики

$$B(a, \varepsilon)\ddot{a} + C(a, \dot{a}, \varepsilon) = w, a(t_0) = a_0, \dot{a}(t) = \dot{a}_0 \quad (2)$$

где $\dot{a}(t)$ и $\ddot{a}(t)$ соответственно скорость и ускорение изменения $a(t)$, ε - размерный вектор параметров; $B(a, \varepsilon), C(a, \dot{a}, \varepsilon)$ - заданные матрица- и вектор-функции размерности $n \times n$ и n соответственно.

Все возможные траектории движения рабочих органов технологического оборудования будут определяться технологическим производственным процессом. В соответствии с последним, основной целью управления движением рабочего органа робота является либо его перемещение в конечное положение, либо в следовании рабочим органом заданной траектории.

Определяющее условие первого типа примет вид:

$$F(a_p(t_T)) = r_*. \quad (3)$$

Данное условие определяет способ перемещения рабочего орган манипулятора в точку r_* в момент времени t_T .

Определяющее условие второго типа примет вид:

$$F(a_p(t_T)) = r_*(t), \quad t \in \{t_0, t_T\}. \quad (4)$$

Данное условие определяет следование рабочим органом заданной траектории $r_*(t)$ на интервале времени $\{t_0, t_T\}$.

Как и в любой системе, имеется ряд ограничений, которые будут оказывать влияние на конечный результат. К ним относятся следующие ограничения:

- Ограничения кинематики механизма на управляемые координаты;
- Ограничения динамики на изменение обобщенных координат (скорость, ускорение);
- Наличия препятствий в рабочей зоне рабочего органа робота и условия их обхода (в т.ч. возможность самопересечения манипулятора).

Таким образом, программируемая траектория (ПТ) - закономерность изменения управляемых координат, позволяющая достигнуть конечной цели движения за конечное время при соблюдении вышеописанных условий. Формально определим данную закономерность и обозначим ее через $a_p(t)$.

Программируемая траектория $a_p(t)$ — это дважды дифференцируемая m -вектор-функция, удовлетворяющая при всех $t \in \{t_0, t_T\}$ целевой функции (3) или (4) и ограничениям типа

$$a_p(t) \in A; \dot{a}_p(t) \in A_1; \ddot{a}_p(t) \in A_2. \quad (5)$$

$$M[a_p(t)] \cap P = \emptyset. \quad (6)$$

где A, A_1, A_2 - заданные множества n -мерного пространства; $M[a_p(t)]$ множество точек в области достижимости D , занимаемое рабочим органом в конфигурации ПТ. При этом целевая точка r_* и траектория рабочего органа $r_*(t)$ должны всегда находиться в рабочей зоне $R = D/P$, т. е. в некоторой области из D , свободной от препятствий.

Задача проектирования программированной траектории рабочего органа робота относится к многовариантным, т.е. имеет множество решений, которые подлежат оптимизации по соответствующему критерию качества.

Для решения данной задачи необходимо определить в классе рассматриваемых ПТ функционал качества вида:

$$R[a_p(\cdot)] = \int_{t_0}^{t_T} L[a_p(t), \dot{a}_p(t), \ddot{a}_p(t)] dt. \quad (7)$$

где L - некоторая заданная функция, выбираемая из условия, что функционал (7) характеризует затраты на достижение ПТ $a_p(t)$.

Задача оптимизации сводится к выбору такого ПТ, при котором функционал (7) принимает наименьшее возможное значение, т. е.

$$R[a_p(\cdot)] = \min R[a_p(\cdot)]. \quad (8)$$

Таким образом, построение оптимальной программируемой траектории движения рабочего органа сводится к получению оптимальной ПТ, в соответствии с заданным критерием качества (8).

Решение подобной задачи построения и оптимизации ПТ осложняется трудностью формализации уравнений кинематики и динамики в связи с их нелинейным характером, а также необходимостью учитывать различные ограничения в виде различных препятствий в рабочей зоне манипулятора и ограничений, связанных с его конструкцией.

Список литературы:

1. Колчин А.Ф., Овсянников М.В., Стрекалов А.Ф., Сумароков С.В. Управление жизненным циклом продукции. — М: Анахарсис, 2008. — 304 с.
2. Тимофеев А.В. Адаптивные робототехнические комплексы. — Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1988. — 332 с.