

Нейронный регулятор в инструментальной системе КОНГРАФ вполне реализуем теми средствами, которые предоставляет данная система, а именно при помощи обширной библиотеки, поддержанной справкой. Помимо реализации самого регулятора имеется возможность реализации модели системы «регулятор-объект», с возможностью ее исследования в условиях действия координатных возмущений.

Литература

1. Павлов А.И. Нейронная система регулирования высокой динамической точности//Наукові праці Одеської Національної Академії Харчових Технологій – Одеса: -2008.-Вип.33.-с. 64-69.
2. Павлов А.И. Нейронная система регулирования// Наукові праці Одеської Національної Академії Харчових Технологій – Одеса: -2007.-Вип.31.-Т.2.-с.72-77.
3. Каллан Р. Основные концепции нейронных сетей.-М.: «Вильямс» . 2001.-288с.

УДК 681.5

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ТЕРМИНАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ МАНИПУЛЯТОРОМ С ЦИФРОВЫМ РЕГУЛЯТОРОМ СЕРИИ DGE-SP

Деркунская В.О., аспирант; Краснодубец Л.А., к.т.н., профессор
Севастопольский национальный технический университет, г. Севастополь

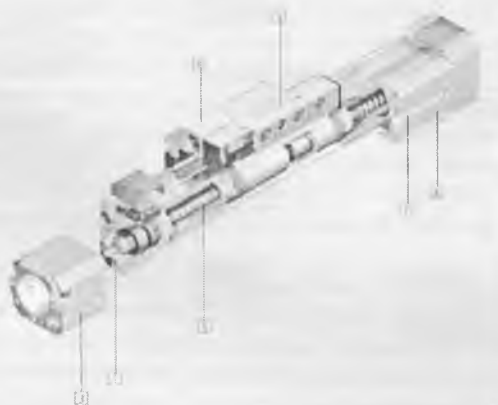
Задачи терминального управления рассмотрены для одномерных и многомерных детерминированных систем. Алгоритмы управления синтезируются на основе концепций обратных задач динамики в результате минимизации локальных функционалов в окрестности назначенных траекторий движения. Показано, что синтезированные алгоритмы придают системам свойства слабой чувствительности к изменению параметров и координатным возмущениям. Приведены результаты математического моделирования процессов управления электромеханическим манипулятором.

Problems of termination control for one-dimensional and multidimensional state-determined systems are considered in the given article. Control algorithms are produced on basis of dynamics inverse problems' concepts in result of minimization of local functional in neighborhood of dedicated motion paths. It has been shown that produced algorithms add properties of weak vulnerability to parameters change and coordinate disturbance to the systems. The results of mathematical simulation of all-electromechanical manipulator's control process are also presented in the article.

Ключевые слова: терминальное управление, манипулятор, цифровой регулятор, алгоритм управления.

В технических приложениях имеется важный класс задач, в которых требуется перевести управляемый объект в назначенное состояние за конечный интервал времени. При этом критерием или показателем качества управления служит точность приведения объекта в конечный момент времени. Такие задачи называются терминальными. Алгоритмы управления, обеспечивающие решение терминальных задач, называют алгоритмами терминального управления.

Объектом исследования является система автоматического управления, манипулятор с цифровым регулятором серии DGE-SP, позиционирования каретки с заданными граничными условиями, представленный на рис. 1.



1 – Виттовой вал; 2 – вал двигателя; 3 – соединение с двигателем;
4 – алюминиевый профиль; 5 – каретка; 6 – направляющие каретки

Рис. 1 – Манипулятор серии DGE-18-SP

Объект управления задан моделью в виде линейного обыкновенного дифференциального уравнения:

$$\ddot{l}(t) + a\dot{l}(t) = bu(t), \quad \ddot{l}(t) = bu(t) - a\dot{l}(t) \quad (1)$$

где: l – координата (перемещение) каретки манипулятора вдоль направляющей;

a и b – заданные конструктивно электрические параметры;

\dot{l} – скорость движения каретки манипулятора;

\ddot{l} – фактическое ускорение заданного движения.

Ставится задача синтезировать управление $U(t, l, \dot{l})$ – управление с учетом обратной связи, которое обеспечивает перевод каретки (системы) из начального состояния

$$t_0 = 0c; \quad l(t_0) = 0i; \quad \dot{l}(t_0) = 0i / \bar{n} \quad (2)$$

в конечное (терминальное) состояние

$$t_f = 30c; \quad l(t_f) = 0.1i; \quad \dot{l}(t_f) = 0i / \bar{n} \quad (3)$$

за $t_f = 30c$, при этом отклонение траектории движения от заданной

$$\delta(t) = y(t) - l(t) \quad (4)$$

должна быть исчезающей функцией, т.е. стремиться к нулю и удовлетворять дифференциальному уравнению

$$\ddot{\delta}(t) + h_1\dot{\delta}(t) + h_0\delta(t) = 0 \quad (5)$$

Коэффициенты h_0, h_1 назначаются такими, чтобы длительность переходного процесса $\delta(t)$ была в 10 раз меньше интервала терминального управления.

Решение этой задачи будем искать с помощью оптимизации, путем минимизации критерия по параметру U :

$$G(t, u) = \frac{1}{2} \{ \ddot{l}^*(t) - \ddot{l}(t, u) \}^2, \quad \text{при } u = u(kT), \quad kT \leq t < (k+1)T, \quad k = 0, 1, 2, \dots, \quad (6)$$

где $\ddot{l}(t, u)$ – текущее значение производной управляемой переменной;

u – варьируемая переменная (управляющее воздействие);

$u(kT)$ – ступенчатый сигнал, который при $kT \leq t < (k+1)T, k = 0, 1, 2, \dots$ принимает постоянные значения и, следовательно, на указанных полуинтервалах от времени не зависит.

Поскольку в критерий входит ускорение \ddot{l}^* , называемое требуемым, то найденное значение U будет обеспечивать движение координаты l с желаемым ускорением.

Закон управления будем искать в процессе минимизации функционала (6) при помощи простого градиентного метода, которому соответствует итерационная процедура в виде конечно-разностного уравнения:

$$u[(k+1)T] = u(kT) - \lambda \frac{\partial G(t, u)}{\partial u}, \quad \text{при } u = u(kT), \quad (7)$$

где λ – параметр, определяющий размер шага, который остаётся постоянным в течение всей итерационной процедуры. Выбор простого градиентного метода обусловлен простотой его реализации на микроконтроллере, а также тем, что в критерии (6) только одна варьируемая переменная.

Так как уравнение (7) определяет искомое управление $u(kT)$, то его будем рассматривать как уравнение регулятора. Отметим, что успешное решение этого уравнения зависит от возможности вычисления производной $\frac{\partial G(t, u)}{\partial u}$. Принимая во внимание (4) и (5), а также учитывая (1), перепишем выражение для функционала (6) следующим образом:

$$G(t, u) = \frac{1}{2} \{ \ddot{y}(t) + h_1\dot{\delta}(t) + h_0\delta(t) + a\dot{l}(t) - bu \}^2, \quad (8)$$

Дифференцируя обе части (8) по U , найдём выражение для производной

$$\frac{\partial G(t, u)}{\partial u} = \{ \ddot{y}(t) + h_1\dot{\delta} + h_0\delta + a\dot{l}(t) - bu \} b, \quad (9)$$

где $u = u(kT)$ при $kT \leq t < kT + T, k = 0, 1, 2, \dots$

Таким образом, если известна траектория назначенного движения $y(t)$ и доступна для измерения управляемая координата вместе со своими производными, а также известна модель объекта в виде (1), то

вычисление производной (9) на каждом шаге итерационного процесса не вызывает затруднений и уравнение регулятора с учётом (7) и (9) можно записать следующим образом

$$u[(k+1)T] = u(kT) - \lambda[\ddot{y}(t) + h_1\dot{\delta}(t) + h_0\delta(t) + a\dot{t}(t) - bu(kT)]b, \quad kT \leq t < kT + T. \quad (10)$$

Вводя обозначение:

$$\varphi(t) = \ddot{y}(t) + h_1\dot{\delta}(t) + h_0\delta(t) + a\dot{t}(t), \quad (11)$$

$$u[(k+1)T] = (1 + \lambda b^2)u(kT) - \lambda b\varphi(t), \quad kT \leq t < kT + T, \quad k = 0, 1, 2, \dots, \quad t \in [t_0, t_f], \quad (12)$$

Функцию $\varphi(t)$ назовём информационной. Значения информационной функции определяются текущими параметрами назначенной траектории и текущим состоянием объекта. Поскольку значения информационной функции используются цифровым регулятором, будем считать, что $\varphi(t) = \varphi(kT)$ для $kT \leq t < kT + T$, $k = 0, 1, 2, \dots, t \in [t_0, t_f]$.

В таком случае конечно-разностное уравнение регулятора примет вид:

$$u[(k+1)T] = (1 + \lambda b^2)u(kT) - \lambda b\varphi(kT) \quad (13)$$

Назначенная траектория представляется в виде полиномиальной функции:

$$y(t) = \bar{n}_0 + \bar{n}_1 t + \bar{n}_2 t^2 + \bar{n}_3 t^3. \quad (14)$$

Коэффициенты c_i вычисляются с использованием ненулевых граничных условий

$$\bar{n}_0 = 0; \bar{n}_1 = 0; \bar{n}_2 = 0,0333; \bar{n}_3 = -0,00074074.$$

Для вычисления параметров регулятора h_1 и h_0 обратимся к формуле (6):

$$\ddot{\delta}(t) + h_1\dot{\delta}(t) + h_0\delta(t) = 0$$

Т.к. исследуемая система второго порядка, рассмотрим структурную запись колебательного звена:

$$\ddot{\delta}(t) + 2\xi \frac{1}{\tau} \dot{\delta}(t) + \frac{1}{\tau^2} \delta(t) = 0 \quad (15)$$

Приравнявая коэффициенты при переменных $\dot{\delta}(t)$ и $\delta(t)$ имеем: $h_1 = 35.3$ и $h_0 = 625$.

Наблюдение за движением системы в назначенное состояние позволяет исследовать алгоритм терминального управления. На рис. 2 приведена структура системы терминального управления, синтезированного по методике.

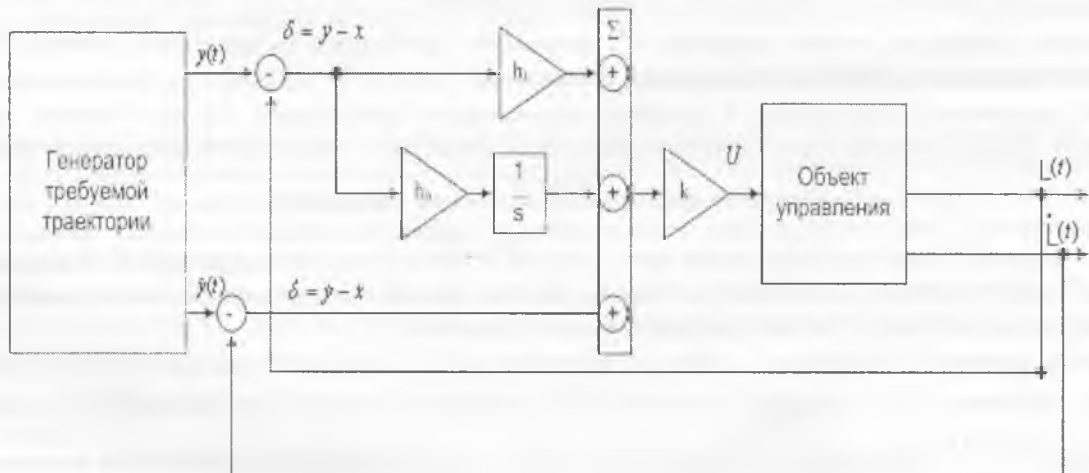


Рис. 2 – Структура системы терминального управления

Систему можно структурно разделить на 3 блока:

- 1) Блок формирования траектории – исходя из граничных условий, формирует траекторию движения, по которой будет двигаться каретка манипулятора.
- 2) Блок формирования управляющего воздействия – формирует управляющее воздействие на основе траектории и выходной величины модели.
- 3) Объект управления – модель объекта управления, представленная в виде модели пространства состояний. Входом является управляющее воздействие – выход координата положения каретки.

На рис. 3 изображен график траектории движения объекта управления дискретной системы. График скорости перемещения каретки манипулятора непрерывной системы изображен на рис. 4.

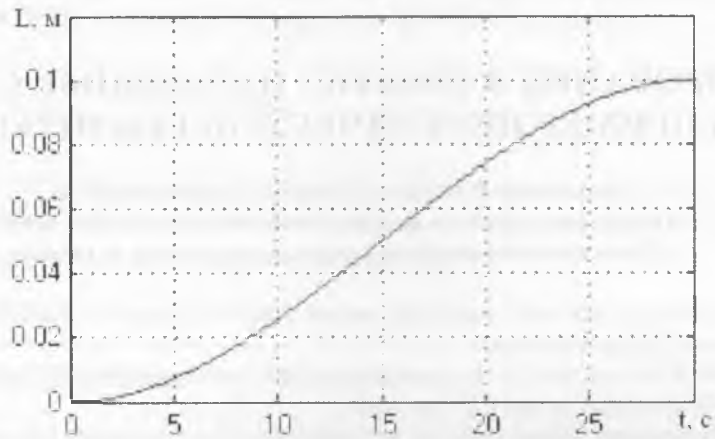


Рис. 3 – График перемещения каретки манипулятора вдоль направляющей (дискретной системы) при $h_0=625, h_1=35.3$

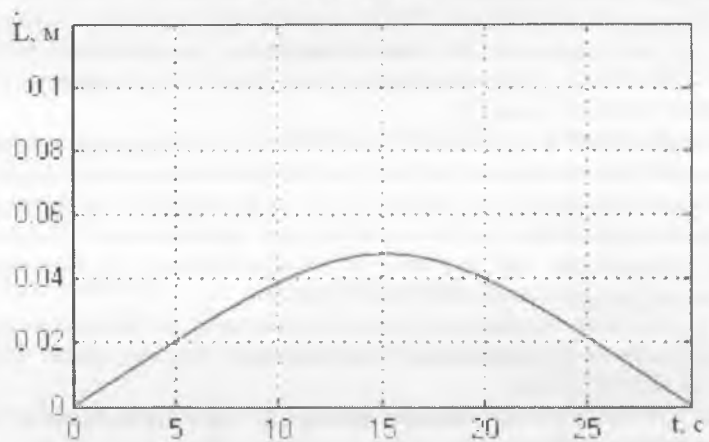


Рис. 4 – График скорости перемещения каретки манипулятора вдоль направляющей (дискретной системы) при $h_0=625, h_1=35.3$

Выводы:

В результате проведенных исследований получены следующие результаты:

1. Разработаны непрерывная и дискретная модели системы терминального управления приводом каретки манипулятора с цифровым регулятором серии DGE-SP.
2. Исследована методика синтеза терминального управления.
3. Предложен алгоритм синтеза параметров регулятора в случае, когда эталонная модель процесса $\delta(t)$ задана уравнением второго порядка.
4. Предложенный закон терминального управления реализован на базе штатного контроллера линейного манипулятора серии DGE-SP.
5. Проведены экспериментальные исследования однозвенного манипулятора с реализованным на базе его штатного контроллера закона терминального управления.

Литература

1. Краснодубец Л.А. Терминальное управление в морских наблюдательных системах с подвижными платформами сбора данных – Изв. РАН. ТиСУ, 2008, № 6. С.64-107.
2. Крутько П.Д. Алгоритмы терминального управления линейными динамическими системами – Изв. РАН. ТиСУ, 1998, №6, – С.33-45.
3. Дьяконов В., Круглов В. MATLAB. Анализ, идентификация и моделирование систем. Специальный справочник – СПб.: Питер, 2002.