

АДАПТИВНЫЕ АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТАМИ С ПЕРЕМЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ

Цапенко Г.И., Булах И.В.

Донецкий государственный технический университет, кафедра АТ

Abstract

Tsapenko G.I., Bulach I.V. Adaptive algorithms of control of objects with variable parameters. Potentialities of the control algorithms of the same class objects with variable parameters, based on gradient methods.

Введение

При выборе принципов построения систем автоматического управления объектами необходимо прежде всего учитывать их динамические свойства. В тех случаях, когда их динамические свойства и параметры изменяются во времени непредсказуемо и в широких пределах, принцип управления по отклонению становится неэффективным. Выходом из этого положения является разработка и использование адаптивных алгоритмов управления. Ниже рассматриваются алгоритмы управления объектами с переменными параметрами одного класса.

Свойства объекта управления

В качестве объекта управления рассмотрен стенд для проведения испытаний различных изделий по различным программам с заданной точностью. Динамические свойства объекта и его параметры в определенной степени будут определяться и свойствами испытуемого изделия. Диапазон изменения параметров объекта управления может достигать двухкратной величины. Реализация программ испытаний на таком стенде связана с необходимостью предварительного определения динамических характеристик. Однако такой подход связан с рядом неудобств. Во-первых, идентификация объекта требует затрат времени, во-вторых, необходим расчет параметров

алгоритма управління. Если следовать методам, изложенным в [1], то необходимо, чтобы изменения параметров происходили в процессе его функционирования.

Постановка задачи

Будем полагать, что объект управления - стенд с помещенным в нем испытуемым изделием имеет некоторые определенные динамические характеристики, но они будут иными при другом испытуемом изделии. Программа испытаний задается в виде некоторой функции времени, которая должна выполняться с заданной точностью. Показатель качества задан в виде критерия минимума квадрата динамической ошибки воспроизведения задающего воздействия (программы испытаний).

Алгоритм управления объектом испытаний в системе должен быть определен в виде некоторой аналитической зависимости, параметры которой устанавливаются в процессе функционирования. Такой алгоритм управления позволяет создать универсальное управляющее устройство для данного испытательного стенда. Таким образом, создание системы автоматического управления испытаниями сводится к построению самонастраивающейся системы.

Алгоритм управления

Рассмотрим алгоритмы управления в самонастраивающихся системах (СНС), пригодные по нашему мнению для управления процессами в испытательных стендах. Эти алгоритмы управления прошли проверку в системах управления температурным режимом в стенде при испытаниях изделий на устойчивость к высоким температурам.

Наиболее обширным классом адаптивных систем является класс самонастраивающихся систем с эталонной моделью, в которых желаемое качество управления задается эталонной моделью. Релизуется эталонная модель в виде отдельного физического устройства, либо в виде программного

модуля в ЭВМ, являющейся управляющим устройством в СНС. Выходная величина эталонной модели $y_m(t)$ описывает желаемый процесс в системе при заданном входном воздействии $y(t)$. Отклонения выходной величины объекта управления $y(t)$ от желаемого процесса

$$e(t) = y_m(t) - y(t) \quad (1)$$

определяет критерий качества управления

$$I(t) = I[e^2(t)], \quad (2)$$

минимум которого соответствует цели управления.

Для достижения минимума критерия качества, в данном случае минимума квадрата отклонения исходную систему автоматического управления (основного контура) дополняют рядом устройств, воздействующих на настраиваемые параметры управляющего устройства основного контура. Дополнительные устройства и эталонная модель образуют контур самонастройки. Для нахождения оптимальных значений настраиваемых параметров в СНС с эталонной моделью используют градиентные методы, и различие СНС будет определяться в основном стратегией поиска. В данной работе рассмотрим градиентный метод вычисления компонент градиента с использованием вспомогательного оператора [2], показавшим высокую эффективность в СНС управления упомянутым выше испытательным стендом.

Пусть принят критерий качества в виде:

$$I = \int_0^T F(e) dt = \int_0^T e^2(t) dt \quad (3)$$

где

$$e(t) = y_m(t) - y(t, x);$$

$um(t)$ -выходная величина эталонной модели;
 $y(t,x)$ -выходная величина объекта управления исходной системы,
 являющихся функцией настраиваемых параметров управляющего
 устройства \bar{x} , $x=\{x_1,x_2,\dots\}$.

Из (3) следует:

$$\nabla I = \int_0^T \frac{\partial F}{\partial e} \left\| \frac{\partial e}{\partial x_i} \right\| dt, \quad (4)$$

где

$$\left\| \frac{\partial e}{\partial x_i} \right\| \text{ -вектор столбец, } i = 1,2,\dots$$

Так как $um(t)$ не зависит от x_i то

$$\left\| \frac{\partial e}{\partial x_i} \right\| = \nabla e = - \left\| \frac{\partial Y}{\partial x_i} \right\| = -\nabla Y \quad (5)$$

и

$$\frac{\partial F}{\partial e} = \frac{\partial}{\partial e} (e^2) = 2e. \quad (6)$$

Конкретизируя задачу примем в качестве объекта управления объект
 второго порядка с передаточной функцией

$$W_o(p) = \frac{k}{(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)} \quad (7)$$

и управляющее устройство с типовым ПИ- законом управления, имеющее
 передаточную функцию

$$W_y(p, k_p, k_v) = k_p \left(1 + \frac{k_v}{p} \right), \quad (8)$$

где

кр и ки - настраиваемые параметры.

В качестве эталонной модели примем звено второго порядка с передаточной функцией

$$W_m(p) = \frac{k_m}{(T_{1m}p + 1)(T_{2m}p + 1)} \quad (9)$$

Передаточная функция основного контура в замкнутом состоянии:

$$W(p) = \frac{W_o(p)(pk_p + k_u)}{W_o(p)(pk_p + k_u) + p}, \quad (10)$$

а выходная величина объекта управления

$$Y(p) = W(p) \cdot \psi(p),$$

где $\psi(p)$ - задающие воздействия в изображениях по Лапласу.

В соответствии с (5) получим

$$\frac{\partial e}{\partial k_p} = - \frac{\partial W(p)}{\partial k_p} \psi(p) = W_{BO}(p) W_{BC1}(p) \cdot \psi(p) \quad (11)$$

$$\frac{\partial e}{\partial k_u} = - \frac{\partial W(p)}{\partial k_u} \psi(p) = W_{BO}(p) W_{BC2}(p) \cdot \psi(p) \quad (12)$$

где

$W_{BO}(p)$ - общая часть вспомогательных операторов;

$W_{BC1}(p), W_{BC2}(p)$ - существенные вспомогательные операторы;

Выразим существенные вспомогательные операторы через передаточную функцию замкнутого основного контура:

$$W_{BC1}(p) = \frac{pW_o(p)W(p)}{pk_p + k_u}, \quad (13)$$

$$W_{BC2}(p) = \frac{W_o(p)W(p)}{pk_p + k_u}, \quad (14)$$

$$W_{BC2}(p) = \frac{pW(p)}{pk_p + k_u}. \quad (15)$$

Как показано в [2] передаточную функцию общей части вспомогательного оператора в СНС с эталонной моделью можно принять в виде:

$$W_{BO}(p) \approx pW_m(p). \quad (16)$$

Учитывая (4), (11)-(16) составим структурную схему СНС (рис.1).

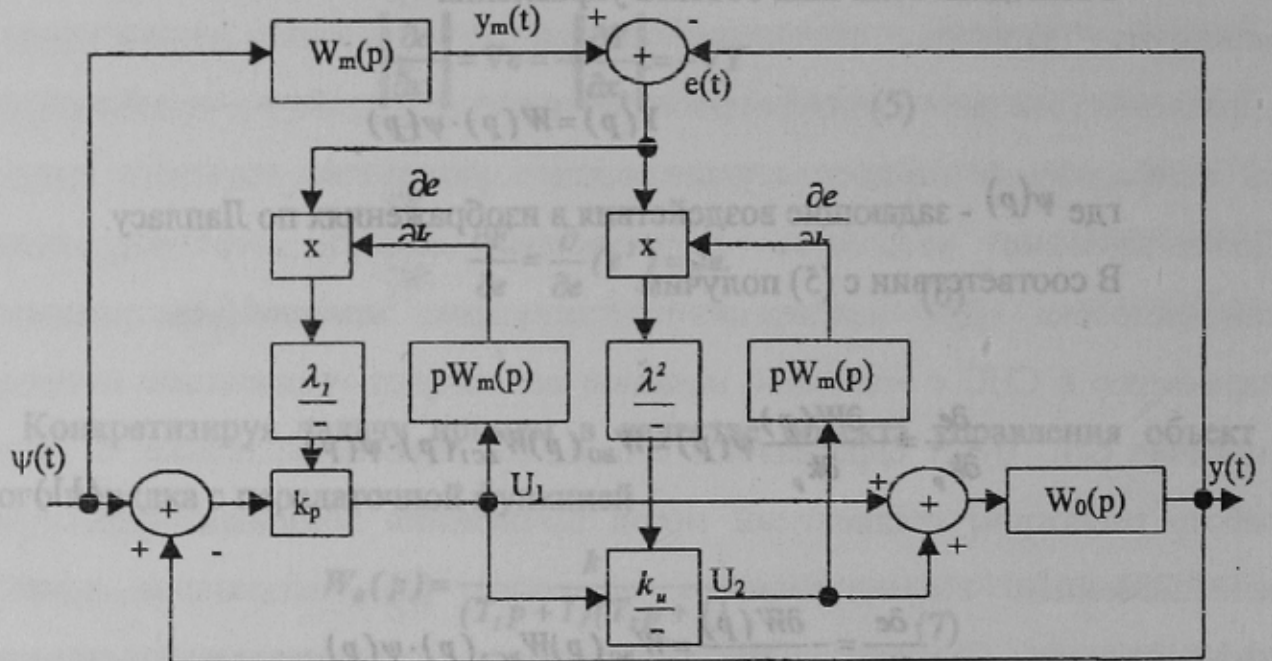


Рисунок 1- Структурная схема СНС

Моделирование рассмотренной системы при изменении постоянных времени объекта управления в два раза показало, что величины ошибки не превышает 2% при обработке линейно нарастающего входного воздействия, причем время подстройки параметров не превосходит времени наибольшей постоянной времени объекта.

Литература

1. Солодовников В.В., Шрамко Л.С. Расчет и проектирование аналитических самонастраивающихся систем с эталонными моделями. М.: Машиностроение, 1972. 324 с.
2. Костюк В.И. Беспойсковые градиентные самонастраивающиеся системы. Киев. Техника. 1968. 286 с.