

СИНТЕЗ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТАМИ С ОТКЛОНЯЮЩИМСЯ АРГУМЕНТОМ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АЛГОРИТМОВ АППРОКСИМАЦИИ

А.В. Лапето, И.Ф. Кузьмицкий, И.К. Асмыкович

Кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники, кафедра высшей математики,
Белорусский государственный технологический университет

Минск, Республика Беларусь

E-mail: AVLapeto@gmail.com

Работа посвящена синтезу систем управления с отклоняющимся аргументом на основе теории вложения. Показана возможность применения разложений различного типа для аппроксимации звеньев чистого запаздывания. Рассматривается возможность применения алгоритмов синтеза систем управления необходимой размерности на основе желаемого показателя перерегулирования и нормированного времени переходного процесса.

ВВЕДЕНИЕ

Наиболее распространенными примерами объектов управления с запаздыванием могут служить процессы сушки и горения, прокатка металла, ленточные транспортеры, процессы измельчения и в некоторых случаях процессы в химических реакторах [1].

Моделирование процессов, протекающих в объектах управления с запаздыванием, осуществляется с помощью дифференциальных уравнений с отклоняющимся аргументом. Трудности в математическом решении этих уравнений перетекают в проблемы технической реализации систем управления с запаздыванием [2]. Целью этого исследования является аналитический синтез системы управления объектами с запаздыванием по управлению, выходу и состоянию объекта, используя теорию вложения систем.

I. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ

Так как математические модели представляют большое количество звеньев, иногда с запаздыванием, соединенных между собой и оказывающих влияние не только на выходной параметр процесса, но и на состояние во время протекания этого процесса, достаточно удобно использовать описание таких объектов и процессов в пространстве состояний.

Начальные условия в рассматриваемой задаче примем с учетом задержки прохождения сигналов в объекте управления, т. е. формально будем рассматривать отрицательные моменты времени, предполагая, что в объекте происходили динамические процессы до начального момента времени.

Задачу синтеза системы управления в нашем случае можно разделить на два этапа. На первом этапе стоит задача формирования проматрицы системы управления, а на втором – построение системы в зависимости от варианта ее синтеза.

В современной теории автоматического управления все более широко используется представление объектов в пространстве состояний [3]. От традиционных методов исследования (частотного, корневых годографов) метод пространства состояний отличают принципиально новые возможности. Этот тип представления объектов управления позволяет, например, судить, достижима ли цель управления (управляемость объекта), определить необходимый состав измерителей (наблюдаемость объекта), синтезировать управление на все входы многомерного объекта и др.

II. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕОРИИ ВЛОЖЕНИЯ

После выполнения процедур технологии вложения можно получить уравнения, которым должны удовлетворять матричные передаточные функции предкомпенсатора $G(p)$ и регулятора $K(p)$, для трех случаев: при синтезе по свободной и вынужденной составляющим соответственно, а также при совместном синтезе по свободной и вынужденной составляющим движения замкнутой динамической системы.

После выбора варианта синтеза и задания желаемых матричных передаточных функций системы они приравниваются к элементам репроматрицы, содержащим комбинации матриц системы, предкомпенсатора и регулятора. Использование процедуры вложения. Многие математические модели технологических процессов имеют в своем составе звенья запаздывания. В этом случае использование теории вложения для синтеза управления становится труднореализуемым либо невозможным [4].

Применение методов модального управления становится возможным либо при компенсации звеньев запаздывания, либо при их аппроксимации.

При использовании компенсаторов Смиа главным недостатком является невысокая робастность системы либо ее отсутствие, так как при изменении модели объекта управления регу-

ляторы и компенсаторы становятся неэффективными.

Компенсатор Смита обладает еще одним важным недостатком в реальных технологических процессах. При использовании компенсаторов не учитывается динамика составных частей объектов управления, которая остается неизменной. Например, если в состав объекта управления входит транспортер, при использовании компенсатора влияние его запаздывания просто не учитывается, однако в реальности сохраняется.

При аппроксимации запаздываний рядами различного типа озвученные недостатки можно устранить, увеличивая порядок разложения.

Для формирования проматрицы системы управления необходимо выполнить две операции:

- 1) исключение звеньев запаздывания из состава системы;
- 2) формирование передаточных функций желаемого поведения системы.

Согласно механизму теории вложения, размерности модели объекта управления и модели, описывающей желаемое поведение системы управления, должны совпадать.

Рассмотрим алгоритм формирования передаточной функции желаемого поведения системы определенной размерности на основе синтеза систем управления с апериодической реакцией [5]. К передаточным функциям с апериодической реакцией на единичное ступенчатое воздействие относятся такие, у которых перерегулирование находится в диапазоне 0,1 - 2%, установившаяся ошибка равна нулю и наблюдается высокое быстродействие. Рассмотренный метод применим для синтеза систем управления, имеющих замкнутую передаточную функцию.

После формирования передаточной функции определенной размерности с желаемым временем переходного процесса стоит задача корректирования желаемого показателя перерегулирования.

III. ВЫБОР РАЗМЕРНОСТИ ОБЪЕКТА И ПОРЯДКА РАЗЛОЖЕНИЯ

Для выполняемости процедуры вложения необходимо соответствие размерностей исходного объекта и передаточной функции желаемого поведения системы. В случае наличия запаздывания в составе исходного объекта управления, это запаздывание необходимо учитывать при выборе передаточной функции желаемого поведения системы.

Сформировать определенный порядок системы управления можно при разных сочетаниях порядка передаточной функции объекта и порядка аппроксимации запаздывания.

Рассмотрим применение аппроксимации Паде с различным порядком желаемой передаточной функции объекта. Для оценки эффективности использования разложения будем ис-

пользовать интеграл квадратичного отклонения системы с аппроксимированным запаздыванием и звеном чистого запаздывания. В качестве входного будем использовать единичное ступенчатое воздействие. Величину времени запаздывания зададим в долях от длительности переходного процесса. А так как длительность переходного процесса в нашем случае является нормированной величиной, то и время запаздывания – нормированная величина.

Увеличение порядка аппроксимации иногда может усиливать отклонение от переходной характеристики звена чистого запаздывания.

Для формирования желаемой передаточной функции шестого порядка можно использовать два варианта:

- 1) порядок объекта равен четырем, а порядок разложения двум;
- 2) порядок объекта равен двум, а порядок разложения четырем.

В данном случае предпочтительнее второй вариант, так как отклонение от переходной характеристики звена чистого запаздывания будет меньше.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотрен алгоритм формирования передаточных функций объекта управления исходя из желаемых показателей качества. Согласно этому алгоритму можно одновременно обеспечить несколько показателей качества при формировании желаемой передаточной функции системы управления.

Проведен выбор структуры математической модели желаемого поведения системы управления, состоящей из передаточной функции и аппроксимации звена запаздывания.

Проведена количественная оценка использования аппроксимации звена запаздывания различного порядка в сочетании с передаточной функцией объекта управления. Величина времени запаздывания в этом случае являлась нормированной величиной (относительно продолжительности переходного процесса), что позволяет обобщить результаты на многие модели реальных технологических процессов.

1. Гурецкий, Х. Анализ и синтез систем управления с запаздыванием; пер. с пол. / Х. Гурецкий. – М.: Машиностроение, 1974. – 328 с.
2. Янушевский, Р. Т. Управление объектами с запаздыванием / Р. Т. Янушевский – М.: Р. Т., 1978. – 416 с.
3. Лапето, А. В. Анализ методов синтеза систем автоматического управления с запаздыванием / А. В. Лапето // Труды БГТУ. – 2011 – № 6: Физ.-мат. науки и информатика. – С. 78–80.
4. Буков, В. Н. Вложение систем. Аналитический подход к анализу и синтезу матричных систем / В. Н. Буков. – Калуга: Изд-во научной литературы Н. Ф. Бочкаревой, 2006. – 720 с.
5. Кузьмицкий, И. Ф. Теория автоматического управления / И. Ф. Кузьмицкий, Г. Т. Кулаков, – Минск: БГТУ, 2010. – 574 с.