

Моделирование системы с коррекцией аргумента

М. Б. Игнатьев

Санкт-Петербургский государственный университет
аэрокосмического приборостроения
ignatmb@mail.ru

Т. С. Катермина

Нижевартовский государственный университет
nggu-lib@mail.ru

Аннотация. Рассмотрен метод избыточных переменных для контроля и коррекции вычислительных процессов в реальном времени, что необходимо для повышения надежности вычислительных процессов. Доказано, что использование метода избыточных переменных позволяет повысить точность вычислений.

Ключевые слова: контроль; осцилляторы; неопределенность; метод избыточных переменных; стабильность; обратная связь; управление; вычислительные процессы; коррекция

I. ВВЕДЕНИЕ

Структура эквивалентных уравнений систем со структурированной неопределенностью содержит произвольные коэффициенты, которые можно использовать для приспособления системы к различным изменениям, чтобы повысить точность и надежность функционирования систем, их живучесть в потоке перемен [2]. В качестве простого примера [4] рассмотрим систему с коррекцией аргумента для генератора, переменные которого удовлетворяют уравнению окружности

$$x^2 + y^2 = R^2.$$

После дифференцирования получим уравнение в частных производных:

$$x \frac{dx}{dt} + y \frac{dy}{dt} = 0,$$

а уравнения с произвольными коэффициентами будут иметь вид:

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = U_1 y, \\ \frac{dy}{dt} = -U_1 x. \end{cases}$$

Произвольный коэффициент U_1 [3] может быть использован для коррекции генератора 1, как показано на рис. 1, где имеются два сервомеханизма, и где f_1 и f_2 – помехи, x и y – ошибки сервомеханизмов. Блок 2 вычисляет сигнал коррекции

$$\Delta = \gamma^2 - \Delta x^2 - \Delta y^2.$$

γ – это норма, заданная точность, сигнал ошибки Δ должен стремиться к нулю. Передаточные функции

следящих систем – первого порядка, они могут иметь разные постоянные времени.

Таким образом регулируется скорость генерации управляющих сигналов для сервоприводов, что позволяет уменьшить ошибку воспроизведения окружности. Система на рис. 1 моделирует металлорежущий станок, который в свою очередь может моделировать движение сталкивающихся тектонических плит на поверхности земного шара. На рис.1. f_1 и f_2 – помехи, действующие на приводы, в том числе и помехи, возникающие от столкновения резца с металлом заготовки.

На рис. 2 схема модели в MatLab. На схеме:

- Error waveform – блок определения сигнала ошибки.
- Generator – блок, генерирующий задающие воздействия для сервомеханизмов.
- g – заданная точность.
- Signal Builder1/ Signal Builder2 – сигналы ошибок.
- Servosystem1/ Servosystem2 – блоки следящих систем.

На рис. 3 представлена схема блока Generator, в котором генерируются задающие воздействия следящих систем.

На рис. 4 схема блока вычисления ошибки и генерации неопределенного коэффициента U_1 .

На рис. 5 схема модели одной из следящих систем. На сигнал действует помеха noise, а также была применена задержка сигнала Variable Time Delay.

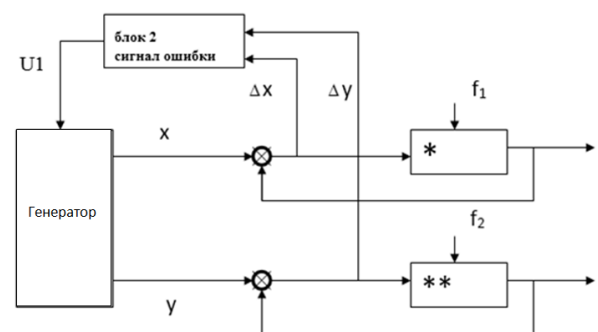


Рис. 1. Схема работы системы с коррекцией аргумента

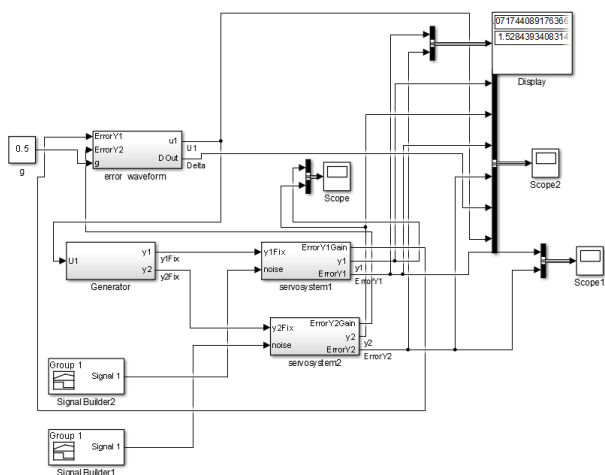


Рис. 2. Модель системы с коррекцией аргумента в MatLab

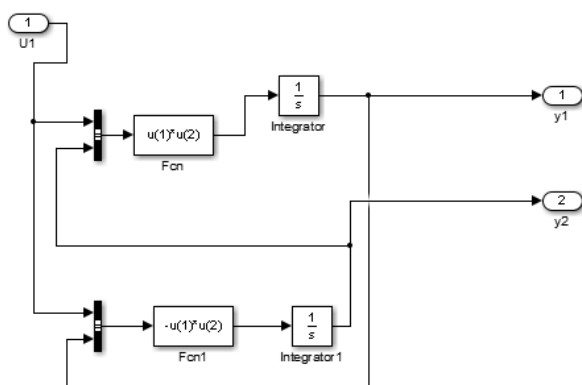


Рис. 3. Генератор управляющего воздействия

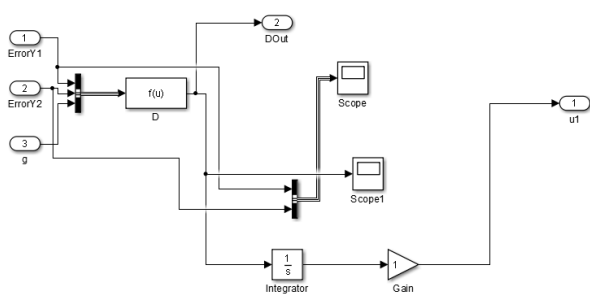


Рис. 4. Блок вычисления сигнала ошибки

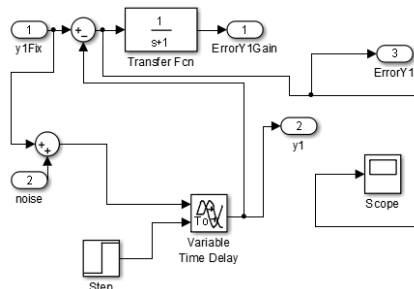


Рис. 5. Блок следящей системы

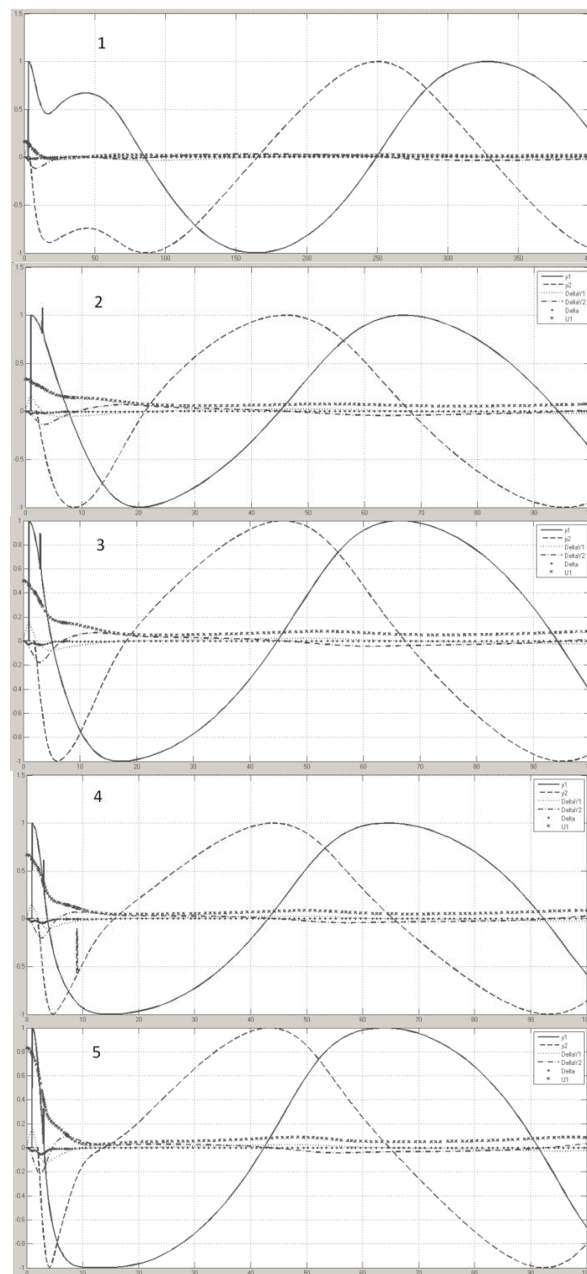


Рис. 6. Осциллограммы 1-5. Сервомеханизмы имеют одинаковые характеристики, величина постоянной времени следящей системы $T=80$

На рис. 6 показаны осциллограммы работы системы с коррекцией аргумента в случае одинаковых сервомеханизмов для различных скоростей (u_1) в пропорции 1:2:3:4:5.

На рис. 7 представлены осциллограммы моделирования системы с коррекцией аргумента при различных характеристиках сервомеханизмов. Осциллограммы 6 и 8 – результат моделирования системы без коррекции аргумента.

Для многомерных динамических систем требование изменения скорости задающего воздействия может быть

математически сформулировано как требование иметь минимально возможную разницу между допустимым значением модуля вектора ошибки γ и его действительным значением в каждый момент времени, т.е. $\Delta \rightarrow 0$.

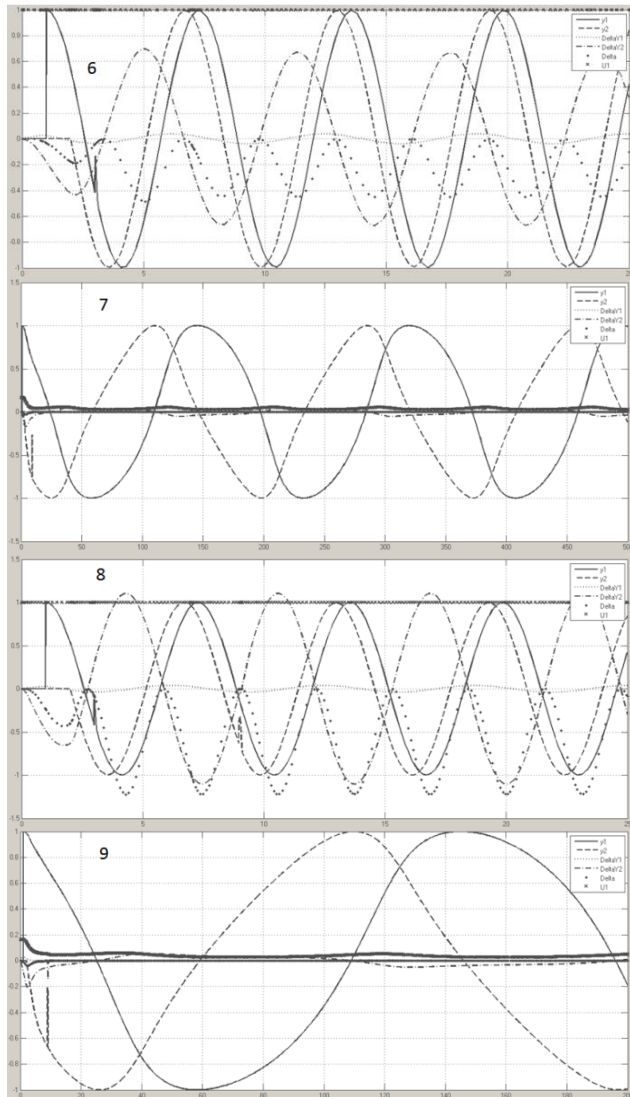


Рис. 7. Осциллограммы 6-9. Сервомеханизмы разные. Осциллограммы 6 и 8 – это результат моделирования системы без коррекции аргумента

Можно сделать вывод о том, что в системах с коррекцией аргумента коэффициент скорости воспроизведения задающего воздействия можно настраивать и использовать таким образом, чтобы величина ошибки уменьшалась и система стабилизировалась. Таким образом решается задача обеспечения заданной геометрической формы вне зависимости от помех и динамических свойств исполнительных систем.

Использование коррекции по аргументу возможно как для обеспечения максимальной точности воспроизведения заданной формы, так и для обеспечения максимального быстрогодействия.

Рассмотренные выше возможности управления задающим движением точки воздействием можно использовать, в частности, и при воспроизведении изломов кривых. Приведем пример воспроизведения кривой с изломом.

Пусть требуется воспроизвести кривую ABC с изломом в точке В.

В устройстве вычисляются одновременно координаты двух точек, одна из которых x_3x_4 будет называться упреждающей и прохождение ее будет обуславливать появление сигнала упреждения. При движении по кривой 1 решаются уравнения

$$F_1'(x_1, x_2) = 0,$$

$$F_1'(x_3, x_4) = 0,$$

$$(x_1 - x_3)^2 + (x_2 - x_4)^2 = l^2.$$

При переходе точки x_3x_4 на кривую 2 решаются уравнения

$$F_1'(x_1, x_2) = 0,$$

$$F_2''(x_3, x_4) = 0,$$

$$(x_1 - x_3)^2 + (x_2 - x_4)^2 = l^2.$$

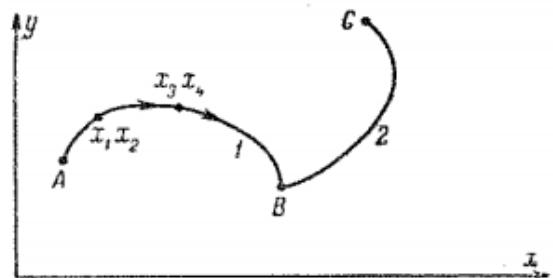


Рис. 8. График движения точки x_1x_2

А после прохождения точкой x_1x_2 точки В уравнения

$$F_1''(x_1, x_2) = 0,$$

$$F_2''(x_3, x_4) = 0,$$

$$(x_1 - x_3)^2 + (x_2 - x_4)^2 = l^2.$$

Дифференциальные уравнения, решением которых будут эти функции, определяются по методу избыточных переменных [4], упреждающие сигналы, вводятся в следящие системы. Величина l , пропорциональная упреждению, должна регулироваться в зависимости от скорости движения точки x_1x_2 . Чем больше скорость движения, тем больше должно быть упреждение. Точка подходит к излому с пониженной скоростью, что позволяет обеспечить лучшее воспроизведение.

Таким образом, управление при помощи обратной связи по аргументу может быть применимо при

возникновении ошибок для снижения скорости подачи сигнала управляющим механизмом или может быть упреждающим в тех случаях, когда необходимо заранее снизить скорость, например, при прохождении изломов отображаемой формы.

Управление аргументом может быть использовано для придания тех или иных динамических характеристик выходным сигналам программирующего устройства. Подстройка аргумента может осуществляться либо внутри программирующего устройства, на основании априорных сведений о требуемых динамических характеристиках сигналов, либо на основании сигналов обратной связи, поступающих с объекта, управляемого от программирующего устройства.

Норберт Винер [1] указывал в своей работе, что такие системы с обратной связью и упреждающей обратной связью действуют, например, в организме человека. При их нарушениях возможно возникновение различного вида

тремором и атаксии, выражающихся в неточности и неловкости движений. Построение подобного рода систем управления может помочь изучить эти явления и найти способы справиться с ними.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Viner N. Cybernetics: Or Control and Communication in the Animal and the Machine. Paris: (Hermann & Cie) & Camb. Mass. (MIT Press) Publ., 1961. 212 p.
- [2] Игнатьев М.Б. Кибернетическая картина мира. Сложные киберфизические системы. Санкт-Петербург: изд. ГУАП, 2014. 472 с.
- [3] Игнатьев М.Б., Катермина Т.С. Контроль и коррекция вычислительных процессов в реальном времени на основе метода избыточных переменных. Нижневартоок: изд. Нижневартовского государственного университета, 2014. 188 с.
- [4] Игнатьев М.Б., Катермина Т.С. Метод избыточных переменных для контроля и коррекции вычислительных процессов в реальном времени // Труды СПИИРАН. 2013. Вып. 3 (26). С. 234-252.