

Nelina Svetlana Nikolaevna

Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.

E-mail: nelina76@mail.ru.

2, Shevchenko street, Taganrog, 347928, Russia.

Phone: 88634371603.

Department of Electronic Apparatuses Design; postgraduate student.

УДК 681.51.01

Е.Н. Целигорова

МОДЕЛИРОВАНИЕ РОБАСТНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ НЕСТАЦИОНАРНОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

В статье рассматривается моделирование нестационарной системы управления с получением передаточной функции корректирующего устройства, обеспечивающего заданный переходный процесс на протяжении всего времени функционирования системы управления. Используется модифицированный метод корневого годографа, позволяющий строить годограф для передаточной функции с интервальными значениями коэффициентов.

Нестационарная система управления; корневой годограф; переходный процесс; передаточная функция с интервальными значениями коэффициентов; робастная устойчивость.

E.N. Tseligorova

MODELING ROBUST STABILITY NONSTATIONARY AUTOMATIC CONTROL

The article deals with simulation of nonstationary control systems to obtain the transfer function correcting device of a given transition process for as long as the operation management system. Used a modified method of the root hodograph, allowing cost locus for the transfer function with interval values of the coefficients.

Time-varying control system; root locus; the transition process; the transfer function with interval values of the coefficients; robust stability.

Введение. Исследование нестационарных систем как объектов управления достаточно сложная задача, обусловленная тем, что получаемая система дифференциальных уравнений является нелинейной. Для преодоления возникающих при этом математических трудностей линеаризуют систему нелинейных дифференциальных уравнений. Если при этом коэффициенты полученной системы уравнений изменяют свои значения по времени в достаточно малых величинах, то это позволяет использовать широко применяемый метод «замороженных» коэффициентов, привести систему дифференциальных уравнений к алгебраическим и исследовать систему, используя аппарат передаточных функций.

Целью данной работы является синтез передаточной функции корректирующего устройства, обеспечивающего заданный переходный процесс на протяжении всего времени работы.

Объект исследования. В качестве примера нестационарной системы рассмотрим некоторую систему автоматического управления с переменными коэффициентами.

Передаточную функцию исследуемой системы можно представить в виде [1]:

$$W(s, t) = \frac{b_0(t)s^3 + b_1(t)s^2 + b_2(t)s + b_3(t)}{a_0(t)s^4 + a_1(t)s^3 + a_2(t)s^2 + a_3(t)s + a_4(t)}$$

Графики изменения коэффициентов знаменателя и числителя передаточной функции для первых четырех секунд функционирования системы представлены на рис. 1 и рис. 2 соответственно.

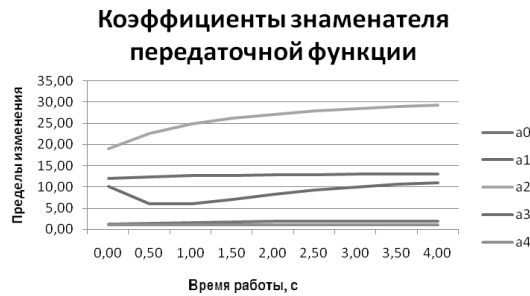


Рис. 1. Изменение коэффициентов знаменателя передаточной функции во времени

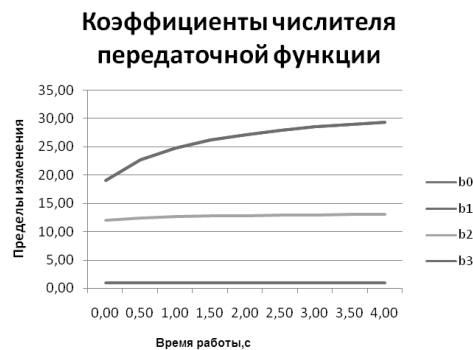


Рис. 2. Изменение коэффициентов числителя передаточной функции во времени

Методика исследования. Основные результаты. Исследование нестационарных систем управления может быть проведено несколькими способами. Рассмотрим первый способ.

- I. При исследовании систем управления часто используют метод «замороженных» коэффициентов для получения численных значений коэффициентов передаточной функции на различных секундах функционирования системы. Для исследования устойчивости этой системы применим модифицированный метод корневого годографа [2] и систему моделирования динамических и событийно управляемых систем – Simulink среды инженерных и научных расчетов Matlab [3].

Характеристическое уравнение замкнутой системы примет вид:

$$B(s) + kA(s) = 0.$$

Построим корневой годограф для первой секунды работы (рис. 3).

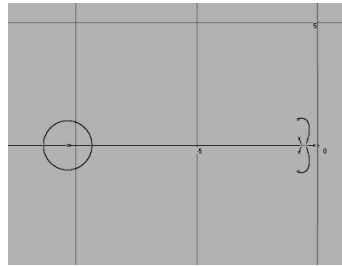


Рис. 3. Траектории корней годографа для первой секунды

Используя среду Matlab (рис. 4), построим переходный процесс для данной секунды. График переходного процесса представлен на рис. 5.

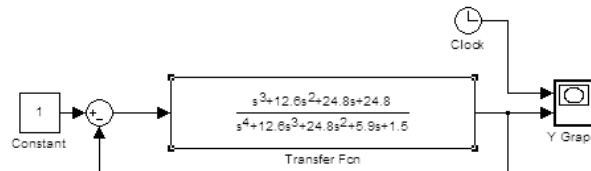


Рис. 4. Модель Simulink исследуемой системы управления

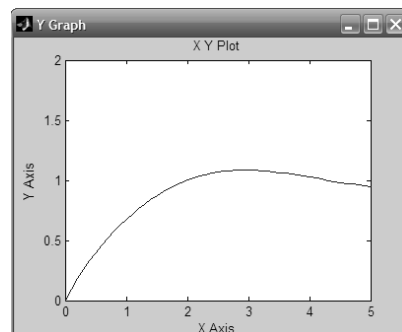


Рис. 5. График переходного процесса для первой секунды

Для четвертой секунды построенный корневой годограф также имеет ветви корневых траекторий, расположенные в левой полуплоскости. Вид переходного процесса для четвертой секунды работы такой же, как и на рисунке (см. рис. 5).

Из приведенных рисунков (см. рис. 4, 5) видно, что система остается устойчивой для начальной и конечной секунды работы, но имеет место некоторое пере-регулирование. Можно сделать предположение, что разброс параметров системы не повлияет на устойчивость системы в целом, но для получения аperiodического переходного процесса требуется введение в контур системы корректирующего устройства.

Зная нулевой портрет исследуемой системы и топологию s-плоскости, проведем синтез корректирующего устройства минимальной размерности, обеспечивающего аperiodический переходный процесс на всем временном интервале функционирования системы. Для этого введем нуль и полюс корректирующего

фильтра таким образом, чтобы изменить траекторию корневого годографа, обеспечивающего требуемый переходный процесс.

Передаточная функция корректирующего устройства имеет вид:

$$W(S) = \frac{s + 0,39}{s + 0,99}$$

В системе с корректирующим устройством (рис. 6) для первой секунды работы переходный процесс показан на рис. 7.

Корневой годограф для первой секунды функционирования системы исследуемой системы с введенным корректирующим устройством имеет вид, представленный на рис. 8.

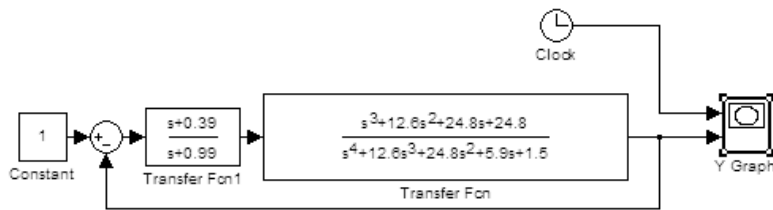


Рис. 6. Модель Simulink скорректированной системы управления

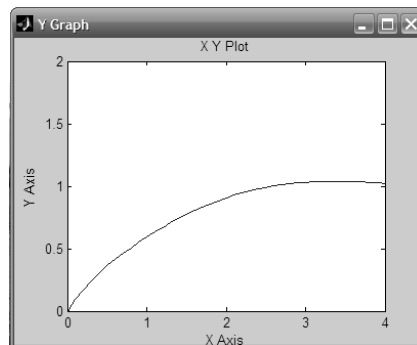


Рис. 7. График переходного процесса для первой секунды

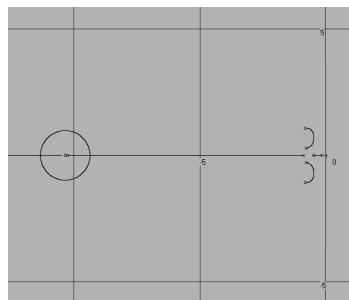


Рис. 8. Траектории корней скорректированной системы для первой секунды

Переходный процесс в системе с корректирующим устройством для четвертой секунды будет таким же, как и на рисунке (см. рис. 7).

Таким образом, исследуемая нестационарная система автоматического управления на всем интервале функционирования системы является устойчивой и в ней обеспечивается аperiodический переходный процесс.

Рассмотрим второй метод.

- II. В качестве второго метода исследования можно провести исследование робастной устойчивости системы с интервальными значениями коэффициентов [2]. Интервальные значения коэффициентов получены из рисунка (см. рис. 1, 2). Тогда передаточная функция исследуемой системы с интервальными значениями коэффициентов имеет вид:

$$W(s) = \frac{(1..1)s^3 + (12..12,99)s^2 + (19..29,34)s + (19..29,34)}{(1..1)s^4 + (12..12,99)s^3 + (19..29,34)s^2 + (10,11..10,95)s + (1,18..1,31)}$$

В [4] доказана теорема, согласно которой передаточная функция с интервальными значениями коэффициентов будет обладать робастной устойчивостью независимо от степени объекта, если устойчивыми будут все 16 моделей Харитонова.

Используя информационно-исследовательскую систему «Критерий» [5], предназначенную для исследования абсолютной и робастной устойчивости одномерных и многомерных систем, построим корневой годограф для исследуемой нестационарной системы.

Корневой годограф, построенный для интервальной передаточной функции с введенным корректирующим устройством, имеет вид, представленный на рис. 9.

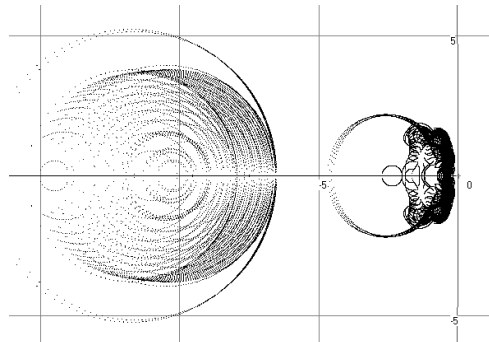


Рис. 9. Траектории корней интервальной передаточной функции моделируемой системы

Из рисунка (см. рис. 9) видно, что исследуемая система управления с интервальными значениями коэффициентов и введенным корректирующим устройством робастно устойчива, так как все ветви корневого годографа 16 моделей Харитонова находятся в левой половине комплексной s-плоскости.

Выводы

1. В статье на основании общей методологии исследовании систем управления модифицированным методом корневого годографа предложен подход к исследованию нестационарных систем.
2. На основании разработанной теории проведен синтез корректирующего фильтра, обеспечивающего требуемый переходный процесс.
3. Использование системы Simulink среды компьютерного моделирования Matlab обеспечивает проведение моделирования сложных систем управ-

ления, описываемых передаточными функциями и позволяет расширить возможности предлагаемого модифицированного метода корневого годографа для исследования систем управления с интервальными коэффициентами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Методы классической и современной теории автоматического и управления: т.1. Математические модели, динамические характеристики и анализ систем автоматического управления / Под. ред. К.А. Пупкова, Н.Д. Егупова. – М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2004.
2. Целигоров Н.А., Целигорова Е.Н. Применение модифицированного метода корневого годографа для исследования робастной абсолютной устойчивости многомерных систем управления // «Идентификация систем и задачи управления». Труды VI Международной конференции SICPRO '07. 29 января - 1 февраля 2007 г. Институт проблем управления имени В.А. Трапезникова РАН. – CD-ROM, № 13034.
3. Целигорова Е.Н. Моделирование системы радиолокационного сопровождения с интервальными значениями коэффициентов с использованием среды Матлаб // «Проектирование инженерных и научных приложений в среде MATLAB». Труды IV Всероссийской научной конференции. 4-8 мая, Астрахань, 2009. – CD-ROM.
4. Тянь Юйпин. Анализ и синтез робастных динамических систем со структурными линейными и нелинейными неопределенностями // Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 1996.
5. Целигоров Н.А., Леонов М.В. Информационно-исследовательская система «Критерий» // Известия ТРТУ. Тематический выпуск «Интеллектуальные САПР». – 2000. – № 2 (16). – С. 149-154.

Целигорова Елена Николаевна

Ростовская государственная академия сельхозмашиностроения.

E-mail: celelena@yandex.ru.

г. Ростов н/Д, пр. Королева д.1, кв. 96.

Тел.: 86322747096

Кафедра прикладной математики и вычислительной техники; аспирантка.

Tseligorova Elena Nikolaevna

Rostov State Academy of Agricultural machine-building.

E-mail: celelena@yandex.ru.

1, pr. 96, Koroleva Street, Rostov on Don, Russia.

Phone: 8863 2747096.

Department of Applied Mathematics and Computer Science; post-graduate student.

УДК 621.382.82 (076.5)

А.В. Ковалев, С.А. Бушин

МОДЕЛИ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ АСИНХРОННЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ БЛОКОВ КМОП СБИС

Целью данной работы является разработка моделей оценки энергопотребления и поддержек асинхронных элементов. Сравнение предложенных моделей первого порядка с результатами SPICE-моделирования показало расхождение не более чем на 10%. Среди статических реализаций наилучшие параметры показала симметричная реализация КМОП-элементов, наихудшие – реализация с обратной связью. Модели могут быть использованы в САПР СБИС для оптимизации КМОП-элементов асинхронной логики.

Асинхронная логика; энергосбережение; методы проектирования; КМОП-элементы; СБИС; потребление энергии.