

On modeling of regularities of geosocial process

Anna Andreevna Dolgaya, Researcher

Kirill Aleksandrovich Fereferov, Graduate Student

Aleksandr Vasilyevich Vikulin, Leading Researcher

The paper describes results of modeling of natural disasters and social phenomena regularities, obtained from the database created by authors. With help of specially developed software application properties of clusterability and cyclicity of catastrophes are revealed. The concept of geosocial process is proposed.

Keywords – natural disasters, social phenomena, heavy-tailed distributions, Fourier analysis, databases.

УДК 004.91 : 681.5.017 : 62-83

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ДЛЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ С ПЕРЕМЕННОЙ СТРУКТУРОЙ

Роман Витальевич Есин, аспирант,

Тел.: 8 913 0461 988, e-mail: surgeon14@mail.ru,

*Красноярск, Сибирский федеральный университет, Институт космических и информационных технологий,
<http://ikit.sfu-kras.ru/>*

Данная работа направлена на рассмотрение проблемы создания системы моделирования с переменной структурой для многокомпонентных технических объектов. В работе представлена концепция системы моделирования с переменной структурой, а также математические модели для разрешения противоречия «точность – скорость».

Ключевые слова: система моделирования, переменная структура, электродвигатель, S-модель.



Р.В. Есин

В настоящее время исследование прецизионных электроприводов для космических аппаратов считается актуальной задачей. Главным методом при проектировании таких многокомпонентных объектов было и остается моделирование. Требования, предъявляемые к прецизионным моделям, многократно повышают сложность моделирования. Электроприводы подобного типа обладают обратными связями по скорости, току, углу, поэтому время моделирования растет и любой переходный процесс может рассчитываться по несколько часов.

Разработка модели электромеханических систем включает в себя проектирование как совокупность разнообразных модулей. Обобщенная теория моделирования различных электромеханических устройств позволяет собирать модели электромеханических систем из моделей отдельных элементов, а точность детализации этих моделей может существенно отличаться в зависимости от выбранных допущений в процессе моделирования. На начальном этапе проектирования выбираются свойства исследуемого объекта, которые являются второстепенными, поэтому отражающими их зависимостями пренебрегают или заметно упрощают (рис. 1). Но для повы-

шения точности воспроизведения процессов нужно использовать более детализированные модели, учитывающие разнообразные свойства моделируемого объекта [1;2;3].

Каждый элемент электромеханической системы имеет несколько моделей различных уровней точности и детализации. Так в процессе моделирования возможна замена моделей с высокой степенью детализации моделями низкого уровня детализации при пониженных требованиях точности, и наоборот для получения более точных моделей. При смене одних моделей другими возникает необходимость изменить модель всей системы, например, от динамической перейти к статической. Подобные изменения требуют согласования переменных из старой модели в новой.

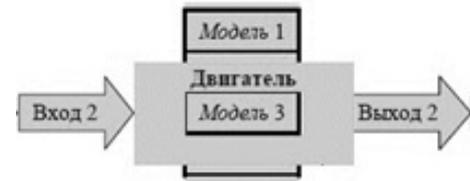


Рис. 1. Смена моделей в динамике

Одним из возможных примеров многокомпонентного технического объекта, для которого можно создать систему моделирования с переменной структурой служит прецизионный электропривод для космических аппаратов. Он включает в себя: электродвигатель, подсоединённую к его валу механическую нагрузку, источник питания, датчики и устройство управления. В качестве двигателей, которых используют синхронные двигатели с постоянными магнитами или индукторные двигатели с электромагнитной редукцией различных модификаций.

На основе исследований в [1;2;3;4;5], разработаны комплексы моделей одного из типов двигателей – индукторного двигателя двойного питания. Индукторный двигатель двойного питания имеет несколько вариантов математической модели различной степени упрощения. Базовая математическая модель индукторного двигателя двойного питания, которая включает две трёхфазные обмотки на статоре и безобмоточный ротор, в матричной форме имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} \frac{d\psi}{dt} &= -Ri + u, \\ \psi &= Li \end{aligned} \quad (1)$$

Здесь где ψ - вектор потокосцеплений обмоток, R - матрица сопротивлений обмоток, i - вектор токов обмоток, L - матрица индуктивности обмоток, u - вектор питающих напряжений.

$$\left. \begin{aligned} \frac{d\psi_{1x}}{dt} &= -\alpha_1\psi_{1x} + \omega_1\psi_{1y} + \alpha_1k_2\psi_{2x} + u_{1x} \\ \frac{d\psi_{1y}}{dt} &= -\omega_1\psi_{1x} - \alpha_1\psi_{1y} + \alpha_1k_2\psi_{2y} + u_{1y} \\ \frac{d\psi_{2x}}{dt} &= \alpha_2k_1\psi_{1x} - \alpha_2\psi_{2x} + \omega_1\psi_{2y} - \omega_r\psi_{2y} + u_{2x} \\ \frac{d\psi_{2y}}{dt} &= \alpha_2k_1\psi_{1y} - \omega_1\psi_{2x} + \omega_r\psi_{2x} - \alpha_2\psi_{2y} + u_{2y} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Система (2) получается из системы (1) преобразованием в единую систему координат обмоток в системе относительных единиц. где $1x \ 2y \ 2x \ 2y$ – обозначение первой и второй двухфазных обмоток в единой системе координат, ψ - потокосцепление, u - напряжение питания, $\omega_1 = 2\pi f_1$ - угловая частота питающего напряжения первой обмотки, f_1 - частота питающего напряжения первой обмотки, ω_r - угловая скорость ротора, $\alpha_1, \alpha_2, k_1, k_2$ - дополнительные параметры. Программная реализация подобных систем возможна с использованием существующих систем моделирования, таких как Simulink пакета MATLAB, путём создания соответствующих тулбоксов. Также возмож-

но реализовать систему моделирования с переменной структурой в виде самостоятельного программного продукта. Модель системы (2) представлена на рис 2.

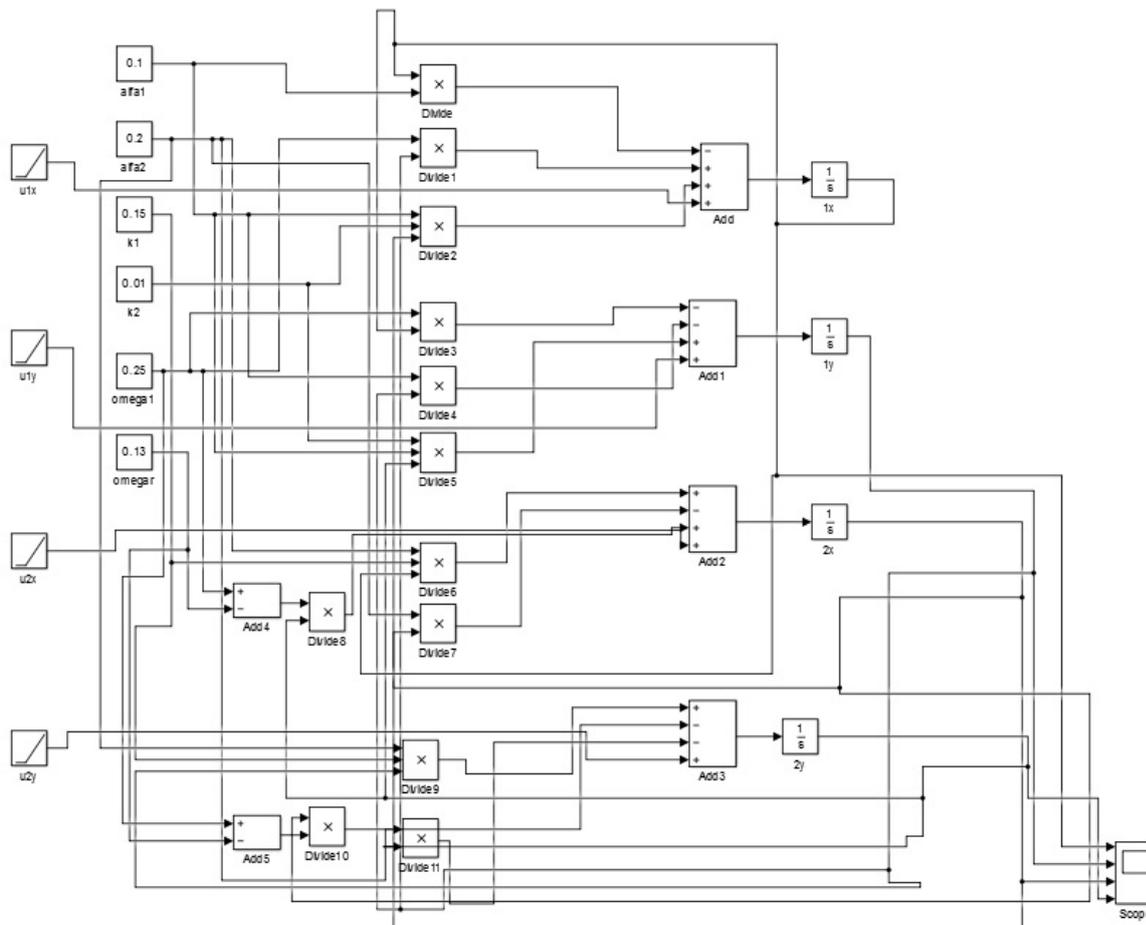


Рис. 2. s-модель системы (2)

Такой вариант модели получен при использовании следующих допущений: косинусоидальная аппроксимация индуктивностей, геометрическая и электрическая симметрия. Поэтому этого данная модель системы (2) является более упрощённой, чем рассмотренная выше матричная модель без допущений системы (1). Она позволяет выполнять численное интегрирование быстрее, из-за тригонометрических функций. Система (2) может быть также упрощена, если учитывать характерное для некоторых типов индукторного двигателя двойного питания сочетание параметров.

Так, если пренебречь взаимным электромагнитным влиянием обмоток.

$$\left. \begin{aligned} \frac{d\psi_{1x}}{dt} &= -\alpha_1\psi_{1x} + \omega_1\psi_{1y} + u_{1x} \\ \frac{d\psi_{1y}}{dt} &= -\omega_1\psi_{1x} - \alpha_1\psi_{1y} + u_{1y} \\ \frac{d\psi_{2x}}{dt} &= -\alpha_2\psi_{2x} + \omega_1\psi_{2y} - \omega_r\psi_{2y} + u_{2x} \\ \frac{d\psi_{2y}}{dt} &= -\omega_1\psi_{2x} + \omega_r\psi_{2x}\psi_{2x} - \alpha_2\psi_{2y} + u_{2y} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Если учесть, что величины $\alpha_1, \alpha_2, k_1, k_2$ достаточно малы, а их произведения представляют собой малые величины второго порядка: $\alpha_2 k_1 \psi_{1x} \cong 0, \alpha_1 k_2 \psi_{1y} \cong 0, \alpha_1 k_2 \psi_{2x} \cong 0, \alpha_1 k_2 \psi_{2y} \cong 0$. Модель системы (3) представлена на рис 3.

Автор считает, что проведенные исследования и разработки позволяют разрешать проблему противоречия между точностью и скоростью вычислений при помощи использования системы моделирования с переменной структурой. В частности, существуют возможности моделирования многокомпонентных прецизионных технических объектов, таких как электродвигатели для космических аппаратов. Сейчас реализация принципов работы системы моделирования с переменной структурой проходит с использованием существующей системы моделирования Simulink. Приведены математические модели

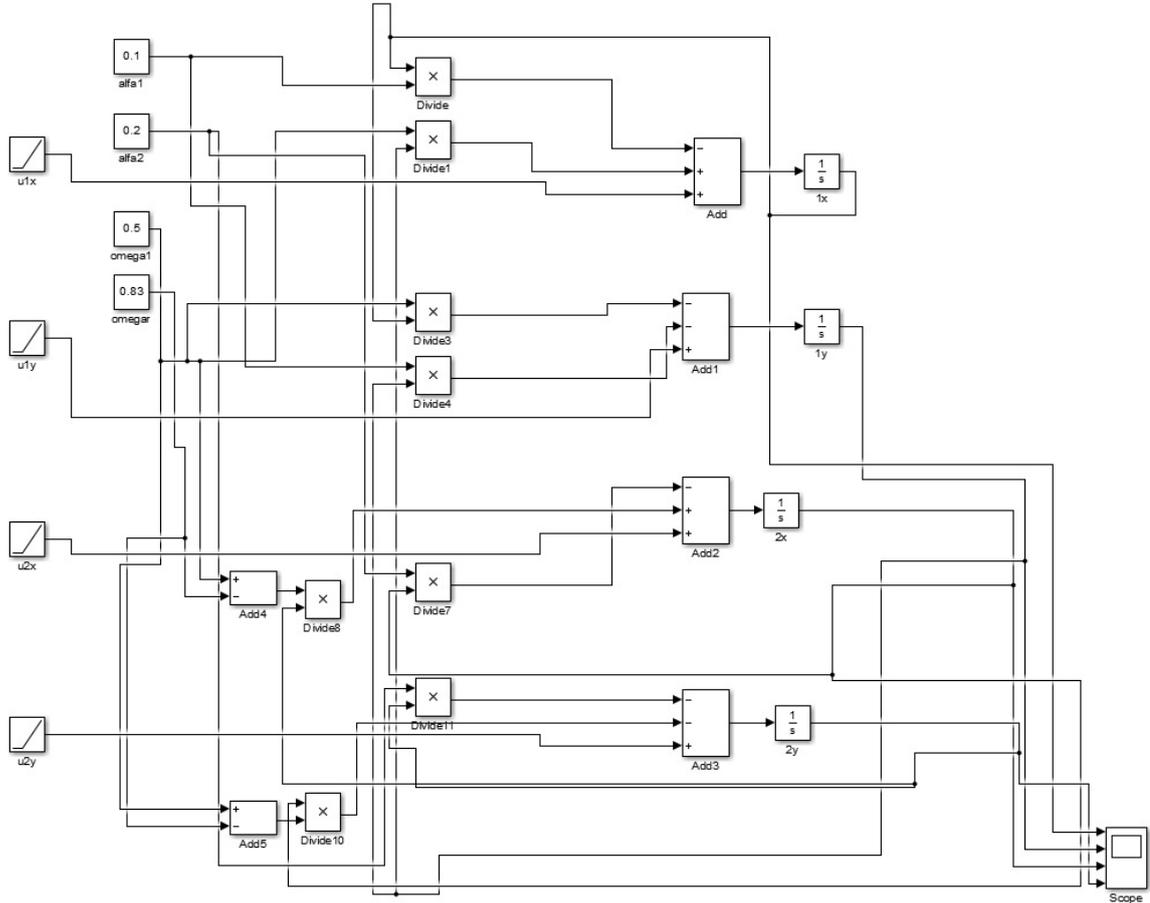


Рис. 3. s-модель системы (3)

индукторного двигателя двойного питания, и их реализация в прикладном пакете программирования MatLab&Simulink. Организовав переключение между системами (2) и (3) получаем возможность использования более детализированной системы для повышения точности вычислений тогда, когда это необходимо.

Литература

1. Бронов С.А., Курбатов Е.М., Авласко П.В., Поваляев В.А. Система моделирования с переменной структурой для прецизионных динамических систем // Журнал Сибирского федерального университета. 2014. № 7 (7). С. 797-810.
2. Курбатов Е.М., Лянсбург В.П., Бронов С.А. // Информатика и системы управления: сб. науч. тр. Красноярск, 2002. Вып. 8. С. 87-94.
3. Бронов С.А., Курбатов Е.М., Авласко П.В., Поваляев В.А. Электромеханические системы космических аппаратов и автоматизация их проектирования // Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies 2 Красноярск, 2012. С. 191-204
4. Есин Р.В., Мищенко Д.Д. Проблематика использования систем моделирования с переменной структурой для аварийных режимов // Вестник КрасГАУ. 2015. № 8 (107). С. 118-121.
5. Есин Р.В., Бронов С.А. Актуальные проблемы создания системы моделирования с переменной структурой // Проспект Свободный-2015: материалы науч. конф., посвященной 70-летию Великой Победы (15–25 апреля 2015 г.) [Электронный ресурс] / отв. ред. Е. И. Костоглодова. Красноярск: Сиб. фе- дер. ун-т, 2015.

Modeling of the electric drive for spacecrafts with variable structure

Roman Vitalievich Esin, postgraduate

This work is directed to the problem of creating a simulation system with variable structure for multi-component technical objects on the example of the drive for spacecrafts. The paper presents the concept of modeling systems with variable structure, as well as mathematical models with varying degrees of detail to resolve conflicts "accuracy - speed."

Keywords – modeling system, variable structure, motor, s-model.

УДК 532.529.2:51-73

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРНОГО ВРЕМЕНИ РАЗДЕЛЕНИЯ
БИНАРНОЙ СМЕСИ В ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ
ТЕРМОДИФФУЗИОННОЙ КОЛОННЕ**

Козлова Софья Владимировна, аспирант

Тел.: 8 391 290 5134, e-mail: sonique@icm.krasn.ru

Рыжков Илья Игоревич, д.ф.-м.н., в.н.с.

Тел.: 8 391 290 7528, e-mail: rii@icm.krasn.ru

Институт Вычислительного моделирования СО РАН

<http://icm.krasn.ru>

Сибирский Федеральный университет,

<http://www.sfu-kras.ru>

Грант РФФИ № 15-01-03293

Грант РФФИ № 16-31-00331

В данной работе рассмотрен нестационарный процесс разделения бинарной смеси в цилиндрической термодиффузионной колонне, для которого определена зависимость времени установления стационарного процесса от отношения радиусов цилиндров. При отношении радиусов, близком к единице, значение времени соответствует случаю плоской колонны.

Ключевые слова: многокомпонентная смесь, теплоперенос, диффузия, термодиффузия, термодиффузионная колонна, нестационарная задача, характерное время.



С.В. Козлова

Термодиффузия, или эффект Соре, это явление переноса массы в смеси, которое приводит к перераспределению концентрации ее компонентов под действием градиента температуры [1]. Данное явление играет важную роль во многих природных и технологических процессах: распределение углеводов в углеродных месторождениях [2], транспорт веществ через клеточные мембраны [3], разделение изотопов в жидких и газовых смесях [4] и т. д.



И.И. Рыжков

Для описания переноса массы с помощью термодиффузии, необходимо знать коэффициенты переноса (диффузии и термодиффузии). Термодиффузионная колонна – это специальная установка, которая позволяет экспериментально измерять коэффициенты термодиффузии. Колонна представляет собой вертикальный слой между твердыми стенками (плоскими поверхностями или концентрическими цилиндрами), поддер-