

УДК 681.5.015+004.428

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ МОМЕНТА СОПРОТИВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ МЕХАНИЗМОВ

А.А. Филипас*, С.Н. Миколаенко*, С.Н. Кладиев

*Северский технологический институт НИЯУ «МИФИ»

Томский политехнический университет

E-mail: alf@ssti.ru

Предложен программный комплекс для задания характеристик момента сопротивления производственных механизмов. Комплекс разработан в среде визуального программирования MatLab Simulink и сохраняет все особенности базового программного продукта. Модели типовых производственных механизмов представлены в виде разработанной библиотеки элементов, которые получены из стандартных программных блоков. Интерфейсы блоков построены с учетом особенностей типовых производственных механизмов как нагрузок и позволяют учитывать количественные значения, определяющие конкретные параметры производственного механизма.

Ключевые слова:

Моделирование, момент сопротивления, библиотека подпрограммы, статические и динамические характеристики, стохастическая модель.

Key words:

Simulation, load torque, library routines, static and dynamic characteristics, stochastic model.

Основной целью при автоматизации производственных механизмов является синтез систем автоматического управления технологическими процессами на основе исполнительных электроприводов. При этом производственные механизмы, как нагрузки исполнительных регулируемых электроприводов, определяют методики выбора силового оборудования, особенности расчета статических и динамических характеристик, а также структуру и параметры системы управления [1–3]. Существенное упрощение этих задач возможно путём разработки специализированного программного обеспечения в системах визуального моделирования, таких как MatLab Simulink, при этом сохраняются все особенности базового программного продукта [4].

Предлагаемый блочно-модульный программный комплекс содержит и типовые модули для составления имитационной модели моментов сопротивления производственных механизмов. Модели типовых нагрузок производственных механизмов оформлены в виде библиотеки стандартизованных программных элементов, построенных методом имитационного структурного моделирования. Модули библиотеки нагрузки производственных механизмов разработаны на основе математического описания и представлены как структурные схемы, состоящие (в основном) из типовых блоков MatLab Simulink с общим интерфейсом, который ориентирован на конкретную типовую нагрузку. Интерфейсы блоков позволяют учитывать количественные значения, определяющие конкретные параметры производственного механизма.

В основу предлагаемого программного комплекса положен принцип декомпозиции, т. е. деления сложных систем на многоуровневые конструкции из взаимосвязанных элементов, объединяемые в подсистемы разных уровней. Применение этого

принципа позволило разработать модели нагрузок, которые имеют сложный нелинейный характер, в том числе и случайно зависящий от многих факторов.

С целью систематизации программного комплекса предлагается использование стандартных классификаций моделируемых моментов сопротивления, причем моменты могут быть представлены функциями с эндогенными или экзогенными переменными, определяемыми в том числе и временем. Моменты могут быть представлены статическими, динамическими и стохастическими блоками.

В качестве иллюстрации возможностей предлагаемого программного комплекса приведем несколько примеров блоков типовых нагрузок электропривода:

1. **Ступенчатый момент** применяется для задания приближённых нагрузочных диаграмм и задается: последовательностью пар (k_{RGi}, G_{RGi}) ; интервалом зависимой переменной; формулой постоянного (на интервале) момента. Для получения ступенчатой нагрузки задаётся постоянным моментом, а коэффициенты и условия их выбора вводятся в табличной форме. Разработанная модель блока *Step-modulus* и пример её работы показаны на рис. 1.
2. **Трапецевидный момент** реализуется на блоке *Trapezoidal saw*. Также в этом блоке предусмотрена задержка (G) и пауза (t). Введение в модель моментной паузы позволяет существенно упростить моделирование знакопеременного трапецевидного момента путем алгебраического сложения с ним статического постоянного отрицательного момента. Пример работы блока *Trapezoidal saw* показан на рис. 2.
3. **Кусочно-линейный аппроксимированный момент** реализуется блоком *Piecewise-linear approximation*.

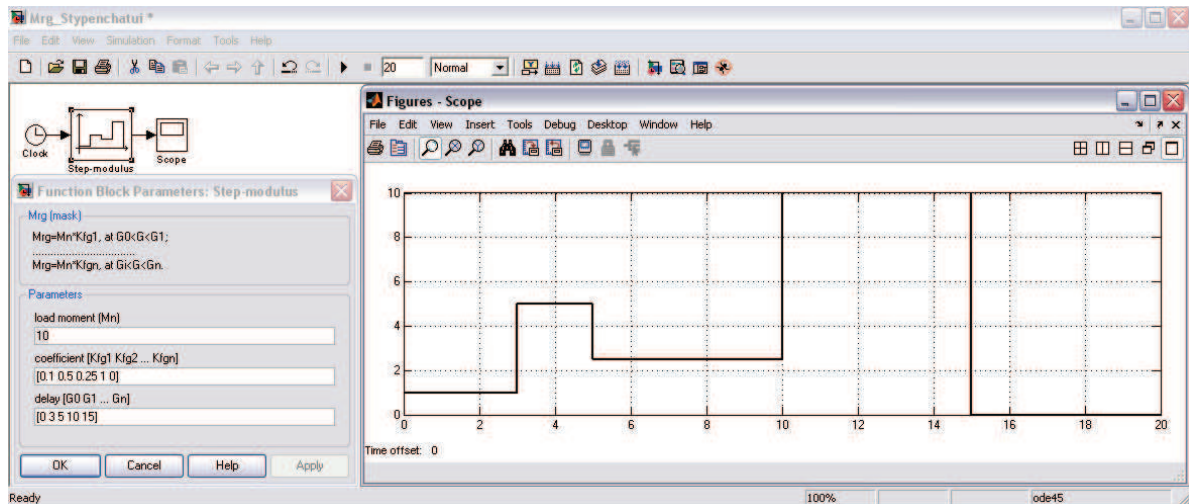


Рис. 1. Модель блока ступенчатой нагрузки

- Задаётся интервал изменения координаты (экзогенной либо эндогенной переменной) J_n (начало и конец), а также коэффициент K_{jn} для расчета линейного соотношения момента на этом интервале. Момент задается постоянной величиной, а J_n и K_{jn} – в виде таблицы, как показано на рис. 3.
4. **Фоновый момент** задается блоком *Amplitude-deterministic torque*, который создает амплитудно-детерминированную нагрузку, т. е. на вход блока подается амплитуда (возможно задание любой из статических или динамических зависимостей), которая умножается на случайный вектор с единичной амплитудой (рис. 4).

- В строке задания *Pause in the percentage* в процентном соотношении указывается вероятность получения нулевого значения. В строке *Sample time* задается частота изменения случайных величин. Так, в блоке предусмотрена возможность получения постоянных случайных величин установкой галочки в *Remembers the constant random*, где их вариация задается в строке *Version of a constant random variables*. Пример с заданием амплитуды в виде синусоиды и трапеции представлен на рис. 5.
5. **Частотный момент** сопротивления задается блоком *Frequency-deterministic torque*, который создает частотно-детерминированную нагрузку.

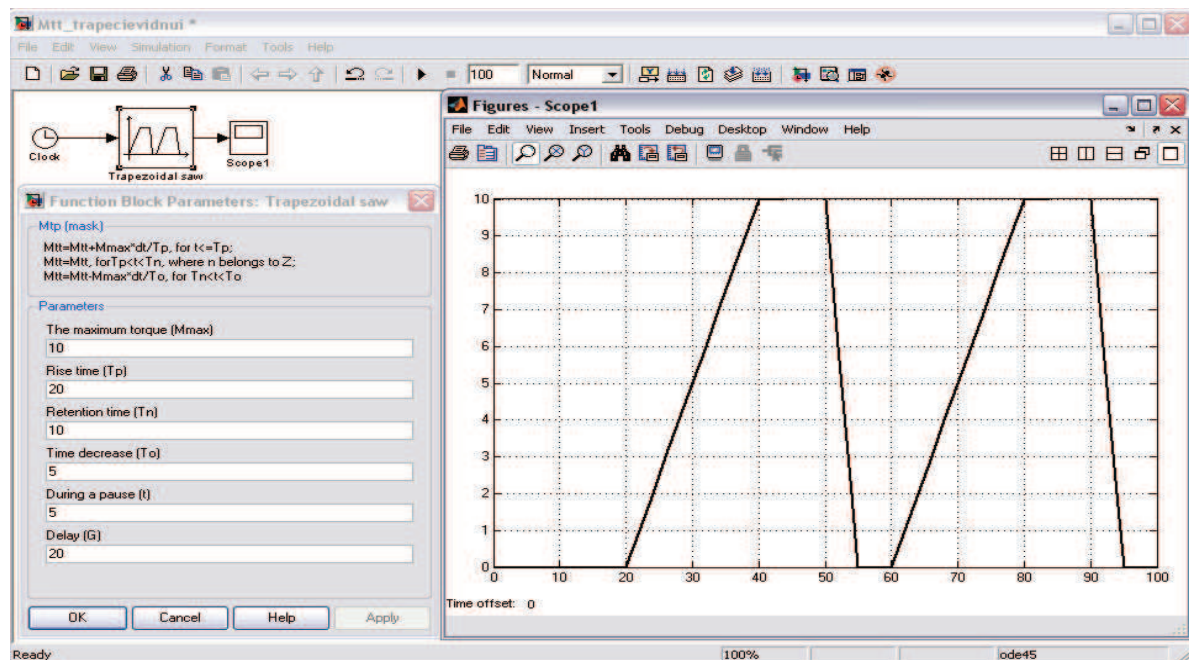


Рис. 2. Модель блока трапецевидной пилы нагрузки

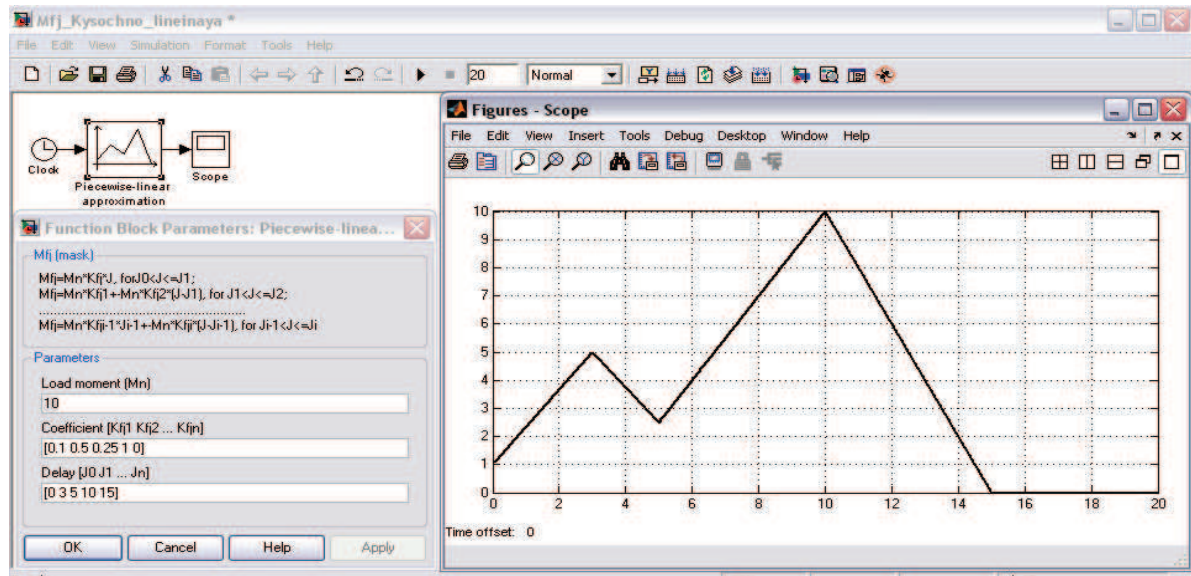


Рис. 3. Модель блока кусочно-линейной аппроксимированной нагрузки

В этом случае амплитуда случайных величин имеет значение от +1 до -1 (рис. 6).

В строке *Sample time* задается величина шага. Так же как и в блоке *Amplitude-deterministic* имеется возможность получения постоянных случайных величин. Пример с заданием амплитуды в виде синусоиды и трапеции представлен на рис. 7.

6. **Периодический момент** задается блоком *Harmonic*, который создает нагрузку с выраженной огибающей и переменной амплитудой. В строке *Deviation of the amplitude* задается предел отклонения входной амплитуды. Пример с заданием амплитуды в виде синусоиды и трапеции представлен на рис. 8.

Блоки предлагаемого программного комплекса позволяют в качестве исходных данных использовать любые переменные имитационной модели технологического процесса, а выходные функциональные зависимости применять как в модели, так и при формировании входных воздействий на физическую установку. Программный комплекс ориентирован на применение в среде MATLAB Simulink.

Предложенная библиотека нагрузок производственных механизмов электроприводов не является исчерпывающей, в дальнейшем планируется её расширение и совершенствование возможностей предложенного программного комплекса в части алгоритмического моделирования блоков.

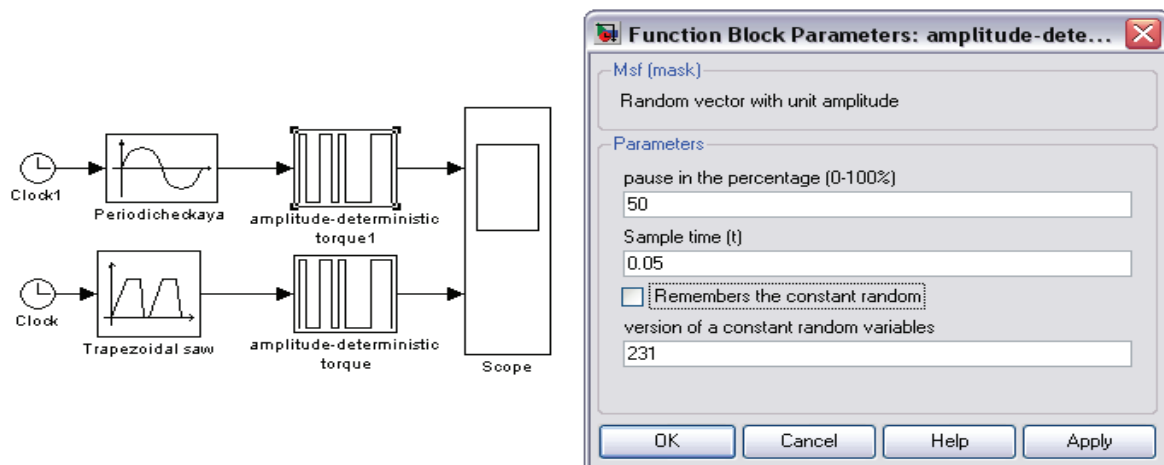


Рис. 4. Задания параметров модели блока фоновой нагрузки

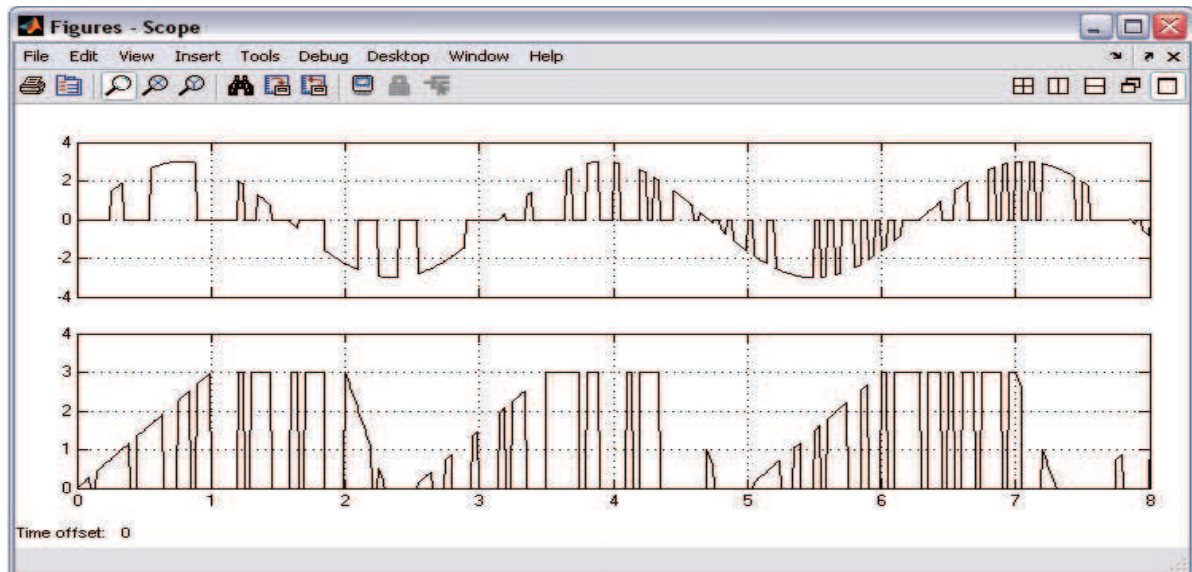


Рис. 5. Выходные характеристики блока *Amplitude-deterministic torque* с синусоидальной и трапецевидной амплитудой на входе

Выводы

Предлагаемый программный комплекс ориентирован на моделирование нагрузок типовых производственных механизмов с учетом их специфики и особенностей функционирования, что значительно ускоряет процессы исследования и проектирования автоматизированного электропривода и систем автоматического управления.

Интерфейсы стандартизованных блоков нагрузки построены с учетом сложившейся классификации нагрузок производственных механизмов,

что позволяет существенно упростить задание их количественных и качественных характеристик.

Принципы построения блоков программного комплекса позволяют расширять предлагаемую библиотеку путем коррекции существующих или синтеза новых моделей.

Предлагаемый программный комплекс позволяет реализовать принципы систем визуального программирования, алгоритмического построения моделей блоков и программирования на языках совместимых с MATLAB Simulink.

Работа выполнена в рамках Госзаказа «Наука» № 7.2826.2011.

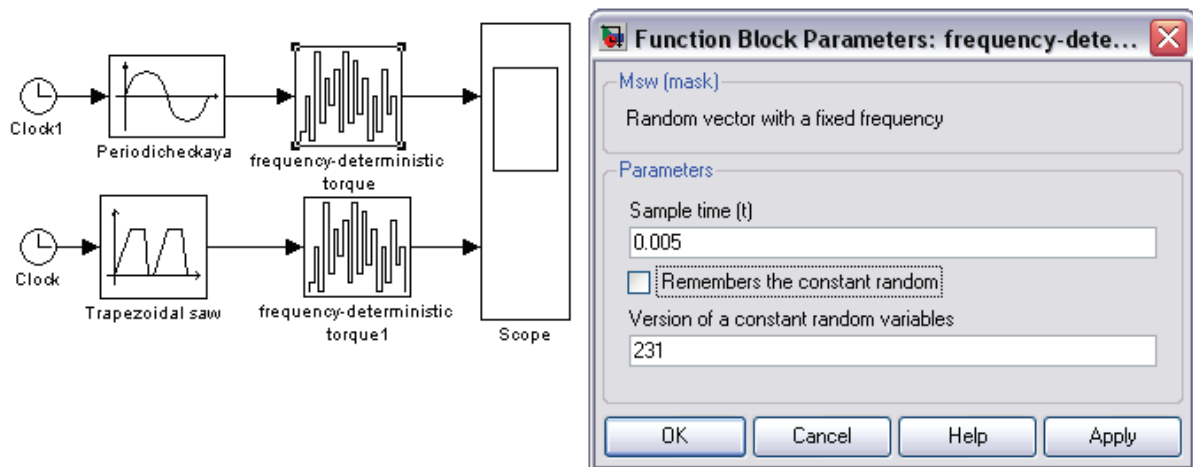


Рис. 6. Задания параметров модели блока частотной нагрузки

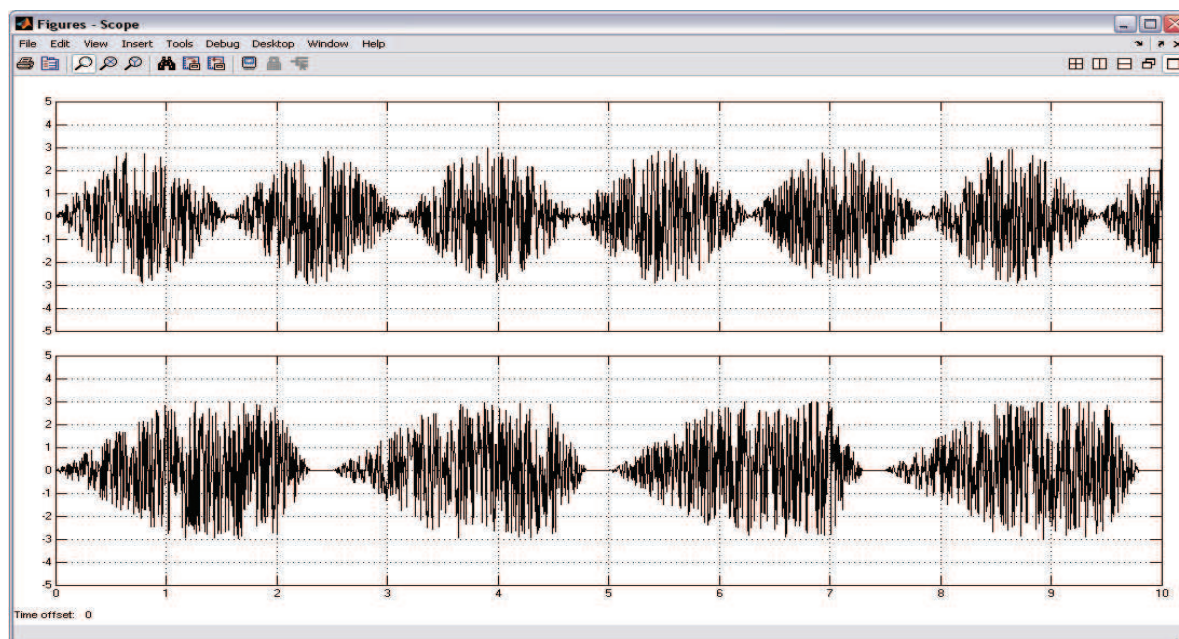


Рис. 7. Выходные характеристики блока *Frequency-deterministic torque* с синусоидальной и трапецевидной амплитудой на входе

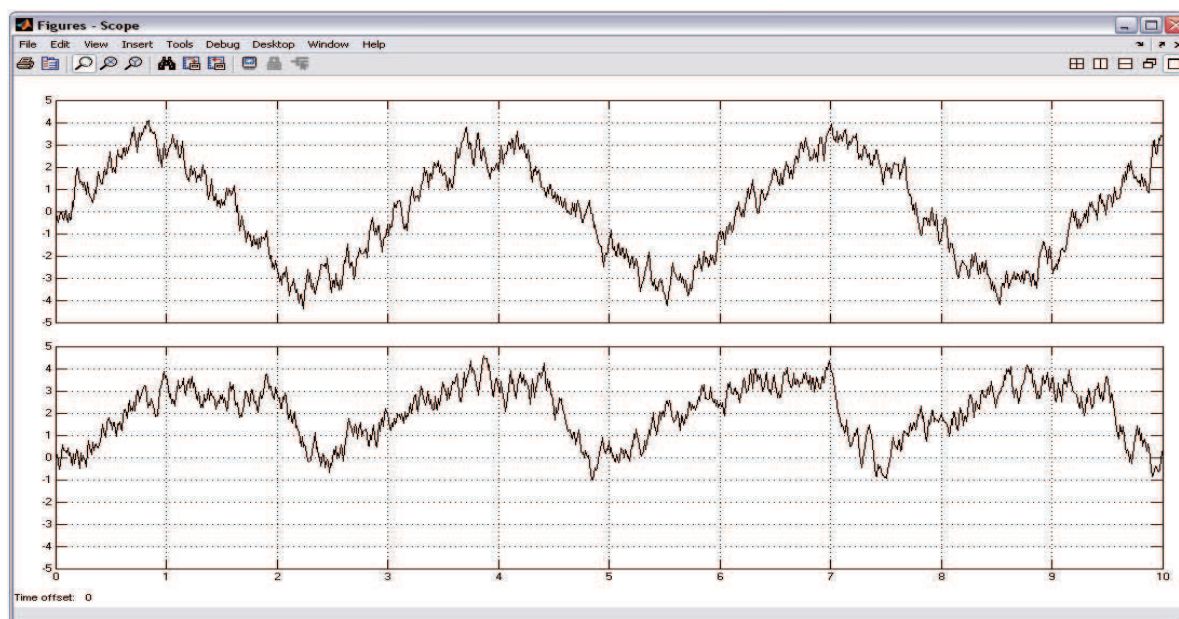


Рис. 8. Выходные характеристики блока *Harmonic* с синусоидальной и трапецевидной амплитудой на входе

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фролов Ю.М., Бурковский В.Л. Математическое моделирование в автоматизированном проектировании электроприводов. – Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2000. – 143 с.
2. Слепокуров Ю.С. MATLAB 5. Анализ технических систем. – Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2001. – 167 с.
3. Герман-Галкин С.Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в MatLab 6.0. – СПб.: КОРОНА принт, 2001. – 320 с.
4. Черных И.В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystems и Simulink. – М.: ДМК Пресс, 2008. – 288 с.

Поступила 28.01.2013 г.