

УДК 62-83: 512.98

Д.Б.Арефьев (5 курс, каф. РАПС СПбГЭТУ «ЛЭТИ»),
П.О.Щелков, асп., СПбГЭТУ «ЛЭТИ»

О МЕТОДАХ СИНТЕЗА ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ

Неуклонное повышение требований к современным промышленным технологиям приводит к необходимости создания более гибких современных методов синтеза электромеханических систем. Широкий класс таких объектов обладает ярко выраженной пространственной распределенностью параметров, оказывающей большое влияние на их динамику, что необходимо учитывать при моделировании и синтезе. Они описываются дифференциальными уравнениями в частных производных гиперболического, параболического и эллиптического видов, и им соответствуют передаточные функции, содержащие трансцендентные выражения вида $F(p)=F(\text{sh } p, \text{ch } p, R(p)*\text{sh } p)$ и т.п. Это создает определенные трудности при анализе данного класса объектов. Только в некоторых частных случаях возможно получение аналитических выражений для обратного преобразования Лапласа.

Наряду с трудностями математического характера существуют проблемы, связанные с отсутствием необходимых модулей в пакетах математического моделирования, например, таких как MatLab Simulink, VisSim и др. Поэтому возникают большие сложности при моделировании и синтезе систем данного класса. Рассмотрим методы решения указанных проблем.

Для решения задач обратного преобразования Лапласа передаточных функций электромеханических систем с распределенными параметрами в настоящее время существует ряд методов – метод дополняющих изображений, зеркальный метод и др. [1]. Значительная их часть основана на разложении функций в ряды. Отсюда возникают некоторые недостатки таких методов, связанные с вопросами сходимости рядов, необходимого для заданной точности числа членов ряда и т.п. В ряде случаев требуется применять дополнительные преобразования, улучшающие скорость сходимости рядов.

Из теории дискретных систем известен метод исследования, основанный на математическом аппарате дискретного преобразования Лапласа, или Z-преобразования. Применение данного метода к исследованию систем с распределенными параметрами позволяет избежать многих недостатков, присущих другим методам. По этой причине авторами разработан алгоритм, позволяющий решить задачу дискретной аппроксимации трансцендентных передаточных функций электромеханических систем с распределенными параметрами с учетом затухания. Рассмотрим его основные положения.

Используя определение $z = e^{T_0 p}$, где T_0 – период соответствующей решетчатой функции, представляя гиперболические функции оператора p через экспоненциальные и введя переменную $n = \frac{T_p n}{T_0}$, получим

$$\text{sh}(z, n) = \frac{z^n - z^{-n}}{2} = \frac{1 - z^{-2n}}{2z^{-n}}; \quad \text{ch}(z, n) = \frac{z^n + z^{-n}}{2} = \frac{1 + z^{-2n}}{2z^{-n}}.$$

Для перевода в Z -область операторов p , не входящих в гиперболические функции, используется известное выражение

$$p = \frac{1}{T_0} \frac{z-1}{z}$$

В передаточные функции систем с затуханием входит член вида $h(s) = \sqrt{(s+2a)s/c^2}$. Непосредственное преобразование в Z -область передаточных функций такого вида весьма затруднительно, поэтому необходимо использовать аппроксимацию указанных передаточных функций. Решение этой задачи может основываться на двух предположениях: 1) в реальных ЭМ системах с РП затухание $2a$ достаточно мало; 2) спектр рабочих частот реальной системы ограничивается областью 2–3 начальных резонансов. Используя для $h(s)$ разложение в ряд Тейлора и ограничиваясь двумя первыми членами разложения, получим следующее аппроксимирующее выражение:

$$h \cong \frac{s+a}{c}$$

Алгоритм, позволяющий осуществлять обращение передаточных функций объектов, содержащих распределенные параметры, содержит следующие этапы.

1. С использованием приведенных подстановок выполняется перевод выражения для передаточной функции в Z -область.

2. Для полученного выражения осуществляется синтаксический анализ, в ходе которого выявляются следующие элементы: числа, операторы, скобки, полиномы переменной z .

3. По результатам синтаксического анализа выполняются операции в соответствии с их приоритетом (скобки, возведение в степень, умножение, деление, сложение, вычитание). Операции равного приоритета выполняются слева направо. В итоге получим числитель и знаменатель в виде полиномов по степеням z .

4. На основании полученной импульсной передаточной функции составляется рекуррентное выражение для определения переходной характеристики.

Программная реализация данного алгоритма может быть осуществлена на основе двух подходов. Первый предполагает написание собственного программного обеспечения, второй – создание дополнительных модулей в существующих пакетах моделирования. Преимуществами первого подхода являются компактность, высокое быстродействие, возможности получения моделей в реальном масштабе времени и взаимодействия с объектами управления. К преимуществам второго подхода можно отнести возможность применения большого количества имеющихся библиотек и методов исследования систем управления. В соответствии с первым подходом на кафедре РАПС разработан программный комплекс DriveSim. В рамках второго подхода авторами доклада разработана методика, позволяющая включить описанные программные модули в MatLab Simulink. Для создания блоков Simulink применялась технология S-функций.

S-функции, созданные на языке C++, компилируются в исполняемые файлы с расширением *.dll, что обеспечивает высокую скорость выполнения таких блоков. Они также могут обрабатывать разные типы данных, использовать массивы в качестве входных и выходных переменных, а также инициализировать функции ответного вызова.

Использование данной методики позволяет использовать для синтеза электромеханических систем с распределенными параметрами наряду с классическими методами новые технологии и средства, имеющиеся в среде MatLab Simulink, такие как нечеткая логика и нейронные сети, производить оптимизацию разрабатываемых систем по различным критериям.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Киселев Н.В., Мядзель В.Н., Рассудов Л.Н. Электроприводы с распределенными параметрами. - Л.: Судостроение, 1985. 220 с.