

TCP/IP, т.е. этот протокол позволяет разнородным системам, платформам и структурам общаться между собой.

МНОГОМЕРНАЯ ОПЕРАТОРНАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОБОБЩЕННОГО ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

Д.Н. Комяков, А.В. Козлов

*Учреждение образования «Гомельский государственный
технический университет имени П.О. Сухого», Республика Беларусь*

Одномерное преобразование Лапласа широко используется при представлении математической модели электромеханического преобразователя (ММ ЭМП) передаточной функцией в составе систем автоматического управления.

В первых работах исследования САУ на несущей переменного тока были попытки получить передаточные функции ЭМП, в частности двухфазного асинхронного электродвигателя, через их передаточные функции на постоянном токе.

Так, например, А. Сабжик (1948 г.) нашел передаточные функции на переменном токе для четырехполюсника и электродвигателя, но явно выразить через них передаточную функцию системы ему не удалось. Е.Н. Чернов (1952 г.) и В.К. Титов (1955 г.) разработали методы получения передаточных функций САУ переменного тока, но при сильных допущениях: линеаризация уравнений электродвигателя, не учет колебаний двойной несущей частоты.

Причем, эти методы сложны и с трудом обобщаются на САУ различных структур. Н.П. Власову удалось разработать общую теорию следящих систем, работающих на переменном токе, на базе их описания системой линейных дифференциальных уравнений с периодическими коэффициентами. Им предложен простой и эффективный метод перехода от передаточной функции системы постоянного тока к передаточной функции системы переменного тока, но работающий для частот модуляции много меньших несущей частоты.

Использование математической теории дифференциальных уравнений с периодически изменяющимися параметрами для анализа САУ НПТ наиболее строго и последовательно развито в работах К.И. Куракина, В.И. Гостева и П.И. Чинаева, базирующихся на спектральном методе В.А. Тафта. Несмотря на плодотворность такого подхода, используемого большинством современных исследователей, недостатки его очевидны и общепризнанны: громоздкость аналитических преобразований, вынужденная необходимость использования комплексных передаточных функций на модулирующей, несущей и боковых частотах, а также громоздкость вычислительных операций, связанных с применением бесконечных определителей Хила.

Методическая слабость рассмотренных работ заключается в использовании для изображения произведения оригиналов одномерного преобразования Лапласа, что приводит к необходимости вычисления интеграла свертки

$$Z[q_1(t) \cdot q_2(t)] = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot j} \cdot \int_{\delta - j \cdot \infty}^{\delta + j \cdot \infty} Q_1(S) \cdot Q_2(P - S) dS, \quad (1)$$

где $q_1(t) \cdot q_2(t)$ – оригиналы; $Q_1(S) \cdot Q_2(P - S)$ – операторные изображения оригиналов по одномерному преобразованию Лапласа.

Данный подход приемлем для представления в операторном виде математических моделей ЭМП с нелинейностями в виде произведения переменных, но он дает плохо обозримый и неудобный для анализа и синтеза САУ с ЭМП результат.

Опыт применения многомерного операторного преобразования Лапласа к которому относятся бикомплексное, а также гиперкомплексное исчисления показал, что использование в символическом преобразовании произведений функций нескольких различных мнимых единиц позволяет получить результат в замкнутой математической форме.

Это дало возможность предположить, что использование многомерного преобразования Лапласа функций многих переменных позволяет уйти от необходимости вычисления интеграла свёртки.

Использование модификации многомерного преобразования Лапласа для произведения временных функций для анализа и синтеза САУ на несущей переменного тока или с модуляцией подтвердили плодотворность высказанного предположения.

Научная идея данного подхода заключается в первоначальном переходе от естественной одномерной временной области с переменной t к многомерной искусственной временной области с независимыми переменными t_1, t_2, \dots, t_n , принадлежащим различным сомножителям

$$f(t) = \prod_{k=1}^n f_k(t_k)$$

и последующем изображении полученной функции по модифицированному многомерному преобразованию Лапласа

$$Z \left\{ \prod_{k=1}^n f_k(t_k) \right\} = \prod_{k=1}^n F_k(p_k), \quad (2)$$

где $F_k(p_k)$ – изображения сомножителей по одномерному преобразованию Лапласа.

Простое сравнение (2) для $k = 2$ с (1) убеждает в перспективности и удобстве данного подхода.

Итак, критический обзор современных методов анализа САУ с модуляцией позволит принять решение моделировать ЭМП с нелинейностями типа произведения на основе модифицированного многомерного преобразования Лапласа.

Численным анализом доказана адекватность моделей во временной и операторных формах.

ПРОГРАММНО-УПРАВЛЯЕМЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ЭНЕРГИИ

М.Е. Глинкин, В.Ф. Калинин

Тамбовский государственный технический университет, Россия

В системах электроснабжения промышленных предприятий используются устройства преобразования энергии (выпрямители и инверторы), работающие по жестко заданной схеме. При необходимости регулирования параметров электрических силовых нагрузок данные преобразователи не могут обеспечить требуемую погрешность, а также допускают управление только лишь в узко заданном диапазоне.