

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

**Аксенов П.А., студент 1 курса факультета энергетики и систем
управления**

**Научный руководитель – Черных Т.Е., старший преподаватель
ФГБОУ ВО Воронежский государственный технический
университет**

Ключевые слова: математическое моделирование, электромеханические системы, дифференциальные уравнения, моделирование процессов.

В статье рассматриваются методы математического моделирования электромеханических систем (ЭМС), которые позволяют анализировать и проектировать системы без необходимости проведения натурных экспериментов. Описаны основные подходы к построению математических моделей, основанных на физических законах, и приведены примеры моделирования различных процессов в ЭМС.

Введение. Электромеханические системы (ЭМС) играют ключевую роль в современных технологиях, преобразуя электрическую энергию в механическую и наоборот. На этапе проектирования таких систем важно иметь возможность проверки их свойств без проведения дорогостоящих и трудоёмких натурных экспериментов. Математическое моделирование позволяет решить эту задачу, предоставляя инструмент для анализа и прогнозирования поведения системы на основе математических уравнений. Однако, несмотря на высокую точность, математическое моделирование требует глубокого понимания процессов, происходящих в системе, и часто связано с необходимостью упрощений.

Целью работы является описание метода математического моделирования в электромеханических системах, включая подходы к

построению моделей, их оптимизацию и практическое применение для анализа различных процессов в ЭМС.

Результаты исследования. Математическая модель ЭМС строится на основе физических законов, описывающих процессы преобразования энергии. Основные уравнения, используемые для моделирования, включают уравнения движения для механической части системы (1):

$$J \frac{d\omega}{dt} = T_e - T_l \quad (1)$$

где J – момент инерции, ω – угловая скорость, T_e – электромагнитный момент, T_l – момент нагрузки, и уравнения электрической цепи (2):

$$L \frac{di}{dt} + R_i = U - E \quad (2)$$

где L – индуктивность, R – сопротивление, i – ток, U – напряжение, E – ЭДС.

Для анализа системы используются передаточные функции, которые связывают входные и выходные параметры системы. Например, передаточная функция для системы управления скоростью двигателя может быть представлена как выражение (3):

$$W(s) = \frac{\omega(s)}{U(s)} = \frac{K}{T_s + 1} \quad (3)$$

где K – коэффициент усиления, T – постоянная времени.

Для оптимизации ЭМС применяется метод геометрического программирования, который позволяет находить глобальный экстремум и аналитические зависимости между параметрами. Программное обеспечение, такое как MatLab, позволяет моделировать процессы в ЭМС, включая пуск двигателя, короткое замыкание и другие режимы работы.

Примерами моделирования электромеханических систем можно считать моделирование пуска двигателя постоянного тока независимого возбуждения [1], моделирование трехфазного короткого замыкания на выводах синхронного генератора [2], моделирование самозапуска группы асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором [3], моделирование электромеханических преобразователей, на рисунке 1 представлены результаты моделирования динамических процессов в электромеханических преобразователях дискового типа [4].

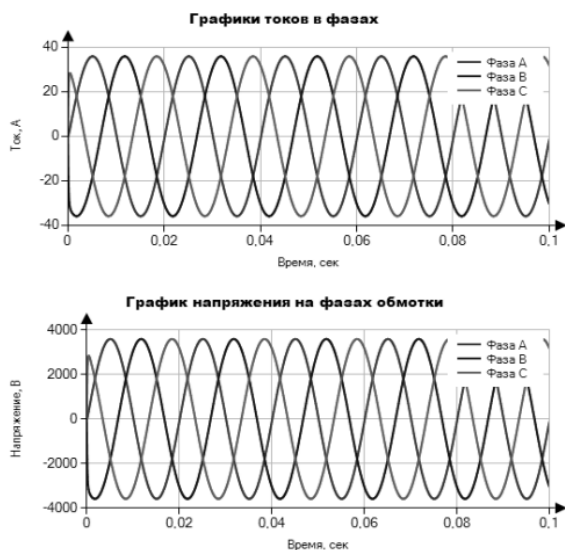


Рис. 1. Графические зависимости токов и напряжения

Выводы. Математическое моделирование является мощным инструментом для анализа и проектирования электромеханических систем. Оно позволяет описать процессы и явления в системе без необходимости создания материальной модели. Однако, точность моделирования зависит от правильности выбора уравнений и допущений, что может ограничивать его применение в сложных системах. Использование современных программных средств и методов оптимизации позволяет значительно повысить эффективность проектирования ЭМС.

Библиографический список:

1. Моделирование пуска двигателя – Электронный ресурс – Режим доступа: <https://hub.exponenta.ru/post/modelirovanie-puska-dvigatelya-postoyannogo-toka-nezavisimogo-vozbuzhdeniya590>
2. Визуализация трехфазного короткого замыкания – Электронный ресурс – Режим доступа: https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/50681/vizualizaciya_trekhfaznogo_korotkogo_zamykaniya_na_vyvodah_sinhronnogo_generatora.pdf?sequence=1&isAllowed=y
3. Алгоритм моделирования самозапуска – Электронный ресурс – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/algoritm-modelirovaniya-samozapuska-gruppy-asinhronnyh-elektrodvigatelye-s-korotkozamknutym-rotorom>
4. Черкасов Д.Р. Математическое моделирование электромеханических преобразователей / Д.Р. Черкасов, Т.Е. Черных, А.В. Тикун / в сборнике: прикладные задачи электромеханики, энергетики, электроники. труды Всероссийской студенческой научно-технической конференции. Воронеж, 2021. С. 23-27.

**MATHEMATICAL MODELING OF ELECTROMECHANICAL
SYSTEMS**

Aksenov P.A.

**Scientific supervisor – Chernykh T.E.
Voronezh State Technical University**

Keywords: *mathematical modeling, electromechanical systems, differential equations, transfer functions, optimization, software, process modeling.*

The article discusses methods of mathematical modeling of electromechanical systems (EMS), which allow analyzing and designing systems without the need for full-scale experiments. The main approaches to constructing mathematical models based on physical laws are described, and examples of modeling various processes in EMS are given.