



СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ

Международные научно-практические конференции

г. Москва, 15 - 31 октября 2018 г.

2018

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА	400
<i>Новая наука: техника и технологии</i>	400
Тухбатуллина Д.И., Егорова П.В., Аухадеев А.Э. Определение характеристик тягового электрооборудования электротехнических комплексов и систем транспортного назначения	401
ЭНЕРГЕТИКА	405
<i>Современная электроэнергетика</i>	405
Большакова Н.А. Исследование влияния дозируемых реагентов на работу системы контроля и управления водными режимами применительно к ТЭС	406
Сысун В.И., Олещук О.В., Тихомиров А.А. Оценка нелинейности электрических приемников в процессе эксплуатации при наличии в питающем напряжении высших гармоник.....	410
Точилкин М.В. Управление потоками мощности с помощью автономного инвертора напряжения.....	415
Точилкин М.В. Описание принципа работы автономного инвертора напряжения.....	418
Точилкин М.В. Преобразователь напряжения как один из способов управления передаваемой мощности по линии электропередач...	422
Филинова А.С. Методология классификации энергоэффективности промышленных предприятий (от Е до А++).....	427
ВЕТЕРИНАРИЯ	431
<i>Современные достижения ветеринарной медицины</i>	431
Суров Д.В., Шпис Т.Э. Биохимические изменения сыворотки крови при терапии хронической почечной недостаточности у кошек	432
Филиппова М.С. Применение кормового антибиотика энромицин	

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Новая наука: техника и технологии

Тухбатуллина Д.И.

студент КГЭУ,

г. Казань, РФ

Егорова П.В.

студент КГЭУ,

г. Казань, РФ

Аухадеев А.Э.

канд. техн. наук, доцент КГЭУ,

г. Казань, РФ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ И СИСТЕМ ТРАНСПОРТНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Аннотация: определены основные методы аппроксимации нелинейных характеристик тягового электрооборудования электротехнических комплексов и систем рациональными функциями и полиномами, применяемые при математическом моделировании его режимов работы.

Ключевые слова: тяговое электрооборудование, математическое моделирование, аппроксимация нелинейных характеристик.

В настоящее время для определения нелинейных характеристик тягового электрооборудования электротехнических комплексов и систем транспортного назначения широко применяются методы аппроксимации полиномами и рациональными функциями. [1, 2] Известно, что задача аппроксимации сложных зависимостей и эмпирических данных преследует две противоречащие цели - точность и быстродействие. Возможны две постановки задачи либо максимальное быстродействие при заданной величине ошибки, либо минимальная ошибка при заданном времени вычисления функции. [3] Вторая постановка, как правило, возникает при проектировании систем реального времени или физических моделей различных функциональных зависимостей. При разработке математической модели электротехнических комплексов и систем транспортного назначения для использования алгоритма расчета режимов работы ТЭО необходимо решение первой постановки задачи.

Применение различных способов приближения функций в математических моделях электроподвижного состава (ЭПС) широко представлено в научной литературе. [4, 5 и др.] При этом Правила тягового расчета определено представление характеристик ЭПС полиномами. Также интересен опыт аппроксимации тяговых характеристик $F(v)$ политропными (степенными) функциями вида:

$$F \cdot v^k = C$$

где $k = \chi_{\text{ж}} = -\frac{v}{F} \cdot \frac{dF}{dv}$ - коэффициент относительной жесткости тяговой характеристики $F(v)$; C - некоторая постоянная величина.

В качестве нормативных данных тяговые характеристики ЭПС представлены графически и в виде таблиц, определяющих величину силы тяги в данном режиме управления при данной скорости движения. Для аппроксимации $F(v)$ в виде функций могут применяться различные способы, описанные в упомянутой выше литературе. Рассмотрим некоторые случаи применения этих способов.

Так как в нормативах Правил тягового расчета [5] тяговые характеристики $F(v)$ представлены в табличной форме, то, следовательно, для любой произвольной скорости движения величины силы тяги не заданы. Простейшим случаем аппроксимации является предположение о постоянстве силы тяги на каждом интервале $[v_{i-1}, v_i]$ определяемой выражением:

$$F_{(i-1,i)} = \frac{(F_{(i-1)} + F_i)}{2}$$

В этом случае шаг интегрирования по скорости необходимо выбирать равным разности $(v_i - v_{i-1})$, что противоречит требованию повышения точности расчетов. Если предположить, что на интервале $[v_{i-1}, v_i]$ сила тяги изменяется по линейному закону, то внутри каждого такого интервала величина силы тяги F при скорости v определится выражением:

$$F = \frac{F_i - F_{(i-1)}}{v_{(i-1)} - v_i} \cdot v$$

При достаточном числе интервалов линеаризации точность этого метода высока, но в случае применения его на ЭВМ он требует большого объема данных, кроме того, в этом случае необходимо производить операцию проверки принадлежности к текущему интервалу скорости:

$$i = \begin{cases} i-1, & v < v_{i-1} \\ i, & v_{i-1} \leq v \leq v_i \\ i+1, & v > v_i \end{cases}$$

Другим способом, весьма распространенным при аппроксимации тяговых характеристик ЭПС является их представление в виде полиномов:

$$F = \sum_{i=0}^n k_n \cdot v^n,$$

где k - коэффициент при n -ной степени полинома.

При этом особое внимание следует обращать на точность представления коэффициентов k_i , которые подбираются, как правило, методом наименьших квадратов. Это требование точности особенно важно

при членах высоких степеней. Для получения высокой точности требуется применять переменные двойной точности, что вызывает дополнительный расход памяти. Также не всегда удастся подобрать коэффициенты, обеспечивающие монотонный характер аппроксимируемой кривой.

Кроме указанных способов, любопытной представляется аппроксимация тяговой характеристики с помощью четырех коэффициентов:

$$F = a + \frac{b}{c + v} + d \cdot v$$

Необходимо отметить, что ввод сложных графиков или таблиц большого объема в ЭВМ приводит к усложнению алгоритмов обработки именно поэтому на практике при имитационном моделировании режимов работы тягового электрооборудования электротехнических комплексов и систем транспортного назначения целесообразней идентифицировать характеристики ТЭО полиномами и рациональными функциями.

Представленный обзор различных методов аппроксимации в инженерных расчетах показал их широкое многообразие. Разрыв между общей теорией аппроксимации, базирующейся на последних достижениях функционального анализа и уровнем практического использования инженерами методов аппроксимации определяет актуальность определения наиболее эффективных методов.

Список использованной литературы

1. Деев В.В., Ильин Н.Н., Афонин Г.С. Тяга поездов. М.: Транспорт, 1987. – 264 с.
2. Баранов Л.А., Головичер Я.М., Ерофеев Е.В., Максимов В.М. Микропроцессорные системы автоведения электроподвижного состава. М.: Транспорт, 1990. – 272 с.
3. Носач В.В. Решения задач аппроксимации с помощью персональных компьютеров. М.: МИКАП, 1994. – 382 с.
4. Розенфельд В.Е., Исаев И.П., Сидоров Н.Н. Теория электрической тяги. М.: Транспорт, 1983. – 328с.
5. Правила тяговых расчетов для поездной работы. М.: Транспорт, 1985. – 287 с.

© Аухадеев А.Э., 2018

Tukhbatullina D.I.
Egorova P.V.
Aukhadeev A.E.

**DETERMINATION OF THE CHARACTERISTICS OF THE
ELECTRICAL EQUIPMENT OF THE ELECTROTECHNICAL
COMPLEXES AND SYSTEMS OF TRANSPORT PURPOSE**

Abstract: The main methods for approximating the nonlinear characteristics of electrical equipment of electrotechnical complexes and systems by rational functions and polynomials used in mathematical modeling of its operating modes are determined.

Keywords: traction electrical equipment, mathematical modeling, approximation of nonlinear characteristics.