

*2 статті А.І. Сурганов
(ФНП)*

ISSN 1607-7970



НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ

ВІДДІЛЕННЯ ФІЗИКО-ТЕХНІЧНИХ ПРОБЛЕМ ЕНЕРГЕТИКИ

ТЕХНІЧНА ЕЛЕКТРОДИНАМІКА

ТЕМАТИЧНИЙ ВИПУСК

СИЛОВА ЕЛЕКТРОНІКА
ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ

Частина 2

Харків – 2012

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ*

Шидловський А.К.	головний редактор, академік НАН України
Антонов О.С.	д-р техн. наук
Буткевич О.Ф.	професор
Волков І.В.	член-кор. НАН України
Жаркін А.Ф.	член-кор. НАН України
Кириленко О.В.	заступник головного редактора, академік НАН України
Кондратенко І.П.	д-р техн. наук
Кузнецов В.Г.	член-кор. НАН України
Липківський К.О.	заступник головного редактора, професор
Мазуренко Л.І.	професор
Мислович М.В.	професор
Монастирський З.Я.	д-р техн. наук
Стогній Б.С.	академік НАН України
Таранов С.Г.	член-кор. НАН України
Тітко О.І.	член-кор. НАН України
Шидловська Н.А.	член-кор. НАН України
Щерба А.А.	член-кор. НАН України
Юрченко О.М.	д-р техн. наук
Городжа Л.В.	відповідальний секретар

EDITORIAL BOARD*

Shydlovskiy A.K.	Editor-in-Chief, Member of NAS Ukraine
Antonov O.Y.	Dr.Sc. (Eng.)
Butkevych O.F.	Professor
Volkov I.V.	Corresponding Member of NAS Ukraine
Zharkin A.F.	Corresponding Member of NAS Ukraine
Kyrylenko O.V.	Deputy Editor-in-Chief, Member of NAS Ukraine
Kondratenko I.P.	Dr.Sc. (Eng.)
Kuznetsov V.H.	Corresponding Member of NAS Ukraine
Lypkivskiy K.O.	Deputy Editor-in-Chief, Professor
Mazurenko L.I.	Professor
Myslovych M.V.	Professor
Monastyrskiy Z.Y.	Dr.Sc. (Eng.)
Stohnii B.S.	Member of N.A.S. Ukraine
Taranov S.H.	Corresponding Member of NAS Ukraine
Titko O.I.	Corresponding Member of NAS Ukraine
Shydlovska N.A.	Corresponding Member of NAS Ukraine
Shcherba A.A.	Corresponding Member of NAS Ukraine
Yurchenko O.M.	Dr.Sc. (Eng.)
Gorodga L.V.	Executive Managing Editor

* Члени редакційної колегії працюють у Інституті електродинаміки НАН України, Київ
Editorial board members work in the Institute of electrodynamics of NAS Ukraine, Kyiv

INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD

Shydlovskiy A.K.	Member of NAS of Ukraine, Institute of electrodynamics of NAS Ukraine, Kyiv
Hrynevych F.B.	Member of NAS of Ukraine, Institute of electrodynamics of NAS Ukraine, Kyiv
Hubanski S.	Professor, Chalmers University of Technology, Sweden
Denysov O.I.	Professor, Chernigiv, Ukraine
Zhuikov V.Y.	Professor, National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv
Zagirnyak M.V.	Professor, The Kremenchuk M. Ostrogradskiy National University, Ukraine
Clare Jon C.	Professor, The University of Nottingham, Great Britain
Kulyk M.M.	Member of NAS of Ukraine, Institute of General Energy of NAS Ukraine, Kyiv
Oleshchuk V.	Professor, Institute of Power Engineering of AS of Moldova, Kishinev
Pavlik M.	Member of NAS of Ukraine, Technical University of Lodz, Poland
Peresada S.M.	Professor, National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv
Pivniak H.H.	Member of NAS of Ukraine, National Mining University, Dnipropetrovsk, Ukraine
Postolati V.M.	Member of AS of Moldova, Institute of Power Engineering of AS of Moldova, Kishinev
Reztsov V.F.	Corresponding Member of NAS of Ukraine, Institute for Renewable Energy of NAS Ukraine, Kyiv
Rozov V.Y.	Corresponding Member of NAS of Ukraine, Scientific and Technical Center of Magnetism of Technical Objects of NAS of Ukraine, Kharkiv
Rossi K.	Professor, The University of Bologna, Italy
Sokol Y.I.	Professor, National Technical University "Kharkiv Polytechnical Institute", Ukraine, Kharkiv
Stahiv P.H.	Professor, National University "Lviv Polytechnica", Ukraine, Lviv
Schastliviy H.H.	Member of NAS of Ukraine, Institute of electrodynamics of NAS Ukraine, Kyiv
Narytonov S.O.	Professor, Novosibirsk State Technical University, Russia

Журнал "Технічна електродинаміка" входить до переліку профільних видань ВАК України, реферується у загальнодержавній реферативній базі даних "УКРАЇНІКА НАУКОВА" (реферативний журнал "ДЖЕРЕЛО"), РЕФЕРАТИВНОМУ ЖУРНАЛІ ВІНІТІ РАН (Росія) та у науковій електронній бібліотеці ELIBRARY (Росія).

Адреса редакції:

03680, м. Київ-57, проспект Перемоги, 56, Інститут електродинаміки НАН України
Тел. (044) 454 26 57, (044) 456 88 69 Email: ted@ied.org.ua <http://www.techned.org.ua>

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ МАШИНА С АКСИАЛЬНЫМ НАПРАВЛЕН МАГНИТНОГО ПОТОКА

¹А.Г. Гарганеев, Б.П. Гарганеев, ²С.В. Леонов (ТЛЧ)

¹Томский университет систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР)
пр. Ленина 40, г. Томск, 634050, Россия.

E-mail: garganeev@rambler.ru.

²Томский национальный исследовательский университет (НИ ТПУ)
пр. Ленина 30, г. Томск, 634050, Россия

E-mail: leonov@tpu.ru

Annotation – the paper presents the results of investigation and design of axial-flux magnet electric machine

Key words – electric machine, permanent magnet, electromagnetic torque.

ВЕДЕНИЕ

В настоящее время большое значение в системах автоматизации и силового электропривода придается двигателям с постоянными магнитами на основе редкоземельных металлов. Для рассматриваемого типа электроприводов следует говорить о двигателях с постоянными магнитами, которые по принципу действия могут работать в одном из двух режимов – синхронном или как бесконтактный двигатель постоянного тока. В литературе такие двигатели называют вентильными, поскольку принцип их действия предполагает наличие коммутатора на полупроводниковых приборах – «вентиле». Успехи в области создания нового поколения регулируемых электроприводов с использованием вентильных электродвигателей является одним из проявлений общемировой тенденции развития производства высокотехнологичной электротехнической продукции.

ХАРАКТЕРИСТИКИ МАШИНЫ И ЕЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ

Среди многообразия конструктивных исполнений машин с постоянными магнитами интерес представляет двигатель торцевого типа – с дисковым ротором и двойным статором (рис. 1), в котором магнитный поток формируется в осевом направлении [1]. Принципиально возможна и конструкция машины, содержащая два ротора с постоянными магнитами, между которых расположена одна обмотка статора (рис. 2). Такая конструкция компенсирует осевые усилия, возникающие меж-

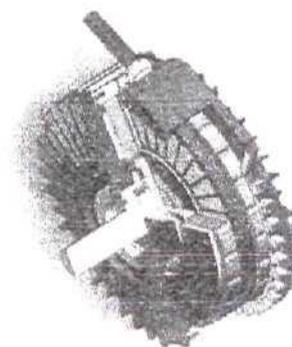


Рис. 1. Электродвигатель с дисковым ротором и двумя статорами

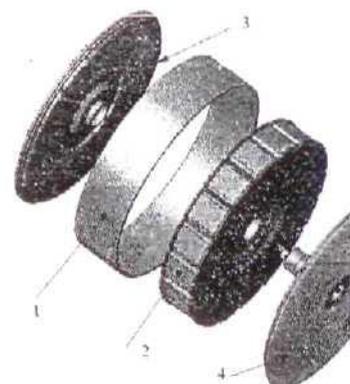


Рис. 2. Электродвигатель с двумя дисковыми роторами:
1 – корпус статора; 2 – статор;
3, 4 – дисковые роторы

ду ротором и статором, и имеет крутящий момент на единицу объема вследствие – у плоских индуктогателей на постоянных магнитах быть высокая приемистость. Этому также способствует отсутствие боковых частей обмотки, а следовательно – низкое индуктивное сопротивление.

**ПРОБЛЕМЫ АППРОКСИМАЦИИ АЛГЕБРАИЧЕСКИМИ ПОЛИНОМАМИ
ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЦЕССОВ И ОБЪЕКТОВ В СИЛОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКЕ**

А.В. Майстренко, А.А. Светлаков, А.Г. Гарганеев

Томский государственный университет управления и радиоэлектроники
пр. Ленина 40, г. Томск, 634050, Россия
E-mail: maestro67@mail.ru

Annotation – It is recommended at research of various algorithms of the decision of systems of the linear algebraic equations and construction, on their basis, mathematical models of the difficult dynamic objects functioning in real time.

Key words – matrix, norm, element, scaling, representation of numbers.

ВВЕДЕНИЕ

При моделировании процессов в системах управления и контроля преобразователями электроэнергии часто применяются методы аппроксимации алгебраическими полиномами. Это приводит к необходимости исследования различных алгоритмов решения систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ), обращения матриц и т. п. В данной статье проводится анализ важнейших свойств матриц Гильберта, применяющихся при реализации различных вычислительных алгоритмов решения СЛАУ, и формулируются две предполагаемые причины их плохой обусловленности. Приводятся некоторые результаты экспериментальных исследований, выполненных с целью подтверждения или опровержения гипотетических причин плохой обусловленности данных матриц.

**АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ
МАТРИЦЫ ГИЛЬБЕРТА**

Ошибка аппроксимации обычно оценивают с помощью евклидовой метрики. Так как данная метрика является дифференцируемой функцией по каждому из неизвестных коэффициентов полинома, то ее минимум достигается при равенстве нулю частных производных по каждому из коэффициентов. Произведя все необходимые операции, получаем СЛАУ следующего вида:

$$Hc = b, \quad (1)$$

где H – квадратная порядка m матрица, элементы которой определяются равенствами

$$h_{ij} = (i + j - 1)^{-1}; \quad i, j = \overline{1, m}, \quad (2)$$

↓
 c – m -мерный вектор-столбец, составленный из неизвестных коэффициентов c_i ,
↓
 $i = \overline{1, m}$ полинома; b – m -мерный вектор-столбец, компоненты которого вычисляются в соответствии с равенствами

$$b_i = \int_0^1 y(t) t^{(i-1)} dt = 0, \quad i = \overline{1, m}, \quad (3)$$

где $y(t)$ – аппроксимируемая функция.

Матрица H является матрицей Гильберта, далее будем обозначать ее символом « H_m », индекс в котором указывает ее порядок.

Рассмотрим ряд особенностей матрицы H_m , представляющих наибольший интерес. Три из них обнаруживаются при рассмотрении равенства (2):

1. Матрица H_m является симметричной относительно ее главной диагонали, и все ее элементы являются рациональными числами. При этом максимальным ее элементом является элемент h_{11} , а минимальным – элемент h_{mm} и они определяются равенствами

$$a) \quad h_{11} = 1 \quad \text{и} \quad б) \quad h_{mm} = 1 / (2m - 1),$$

все элементы матрицы H , кроме $h_{11} = 1$, строго меньше единицы.

2. Диагональные элементы h_{ii} матрицы H_m с увеличением индекса i монотонно уменьшаются. При любом конечном m , отношение h_{11} / h_{mm} максималь-