



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Брянский государственный технический университет

Л. А. Потапов, М.Л. Потапов, И.Л. Симонов

**М О Д Е Л И Р О В А Н И Е
НАГРУЗОЧНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ
С ПОЛЫМИ НЕМАГНИТНЫМИ РОТОРАМИ**

БРЯНСК
2010

ПРЕДИСЛОВИЕ

Предлагаемая вниманию читателей монография подготовлена на основе работ, выполненных авторами в предыдущие годы и опубликованных в ведущих электротехнических журналах: «Электричество», «Электротехника», «Известия вузов. Электромеханика». В этих работах использовались уравнения теории электромагнитного поля и безразмерный критерий – магнитное число Рейнольдса.

Монография содержит четыре главы и приложения.

Первая глава посвящена моделированию электромагнитного тормоза с полым немагнитным ротором. В ней представлены уравнения электромагнитного момента для упрощенной модели тормоза и для модели, учитывающей вылеты ротора за пределы статора. Отдельный параграф этой главы посвящен определению магнитного числа Рейнольдса и коэффициента реакции, устанавливающему связь критической скорости вращения ротора с конструктивными параметрами тормоза. В четвертом параграфе проанализировано влияние конструктивных параметров электромагнитного тормоза на максимальный электромагнитный момент и соответствующую этому моменту критическую скорость вращения ротора. В других параграфах рассмотрены уравнения для определения тормозных моментов электромагнитных демпферов с продольными прорезями полого ротора, а также примеры моделирования тормоза с помощью программы *MathCAD 14* и программного комплекса *COMSOL Multiphysics3.4*.

Во второй главе представлены математические модели асинхронного двигателя с полым немагнитным ротором, показано влияние магнитного числа Рейнольдса на форму механической характеристики асинхронного двигателя, рассмотрены примеры исследования динамических режимов работы двигателя (пуск, реверс) с помощью программы *MathCAD 14*.

В третьей главе рассмотрены особенности работы, приведены математические модели, а также примеры исследования с помощью программы *MathCAD 14* режимов работы асинхронного тахогенератора и датчика угловых ускорений.

В четвертой главе приведены конструкции, параметры и характеристики некоторых нагрузочно-измерительных устройств с полыми немагнитными роторами.

В приложении приведены краткие сведения о программном комплексе *COMSOL Multiphysics* 3.4 (ранее *FEMLAB*), разработанном шведской компанией *Comsol*, а также краткие технические характеристики некоторых российских асинхронных тахогенераторов и асинхронных двигателей с полыми немагнитными роторами. При подготовке рукописи работы распределились между авторами следующим образом:

Потапов М.Л. – разработка программ, освоение нового программного обеспечения, подготовка фрагментов программ в текст рукописи;

Симонов И.Л. – моделирование электромагнитного тормоза и датчика угловых ускорений на компьютере, получение экспериментальных данных и сравнение их с результатами моделирования и результатами численных вычислений, в которых используются полученные аналитические зависимости;

Потапов Л.А. – руководство работами, подготовка текста рукописи.

Монография предназначена для инженерно-технических работников, связанных с разработкой и исследованиями нагрузочно-измерительных устройств с полыми немагнитными роторами, а также может быть использована в учебном процессе студентами электротехнических специальностей вузов при выполнении курсового и дипломного проектов.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
ВВЕДЕНИЕ.....	5
ГЛАВА 1. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ ТОРМОЗ С ПОЛЫМ НЕМАГНИТНЫМ РОТОРОМ.....	5
1.1. Расчет нелинейных цепей.....	6
1.2. Модель электромагнитного тормоза, учитывающая краевые эффекты	13
1.3. Установившийся режим работы тормоза.....	20
1.4. Постоянная реакции и магнитное число Рейнольдса	24
1.5. Влияние конструктивных параметров на момент электромагнитного тормоза.....	31
1.6. Электромагнитные демпферы с продольными прорезями полого ротора.....	33
1.7. Переходные режимы работы электромагнитного тормоза.....	35
1.8. Моделирование электромагнитного тормоза методом конечных элементов.....	42
ГЛАВА 2. АСИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ С ПОЛЫМ НЕМАГНИТНЫМ РОТОРОМ.....	52
2.1. Упрощенная модель асинхронного двигателя с полым немагнитным ротором.....	52
2.2. Уравнение электромагнитного момента симметричного асинхронного двигателя	55
2.3. Моделирование динамических режимов работы асинхронного двигателя с помощью программы <i>MATHCAD</i>	60
ГЛАВА 3. ТАХОГЕНЕРАТОР И ДАТЧИК УГЛОВЫХ УСКОРЕНИЙ	66
3.1 Особенности режима измерения угловой скорости	66
3.2. Математическая модель тахогенератора	68
3.3. Устройство и принцип действия датчика угловых ускорений.....	72
3.4. Моделирование датчика угловых ускорений	76
ГЛАВА 4. НАГРУЗОЧНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ МАЛОЙ МОЩНОСТИ.....	79
4.1. Электромагнитный тормоз-моментомер	79
4.2. Электродинамический моментомер	82
4.3. Электромагнитный моментомер	84
4.4 Определение динамических механических характеристик электродвигателей	86
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	93
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	95
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	105