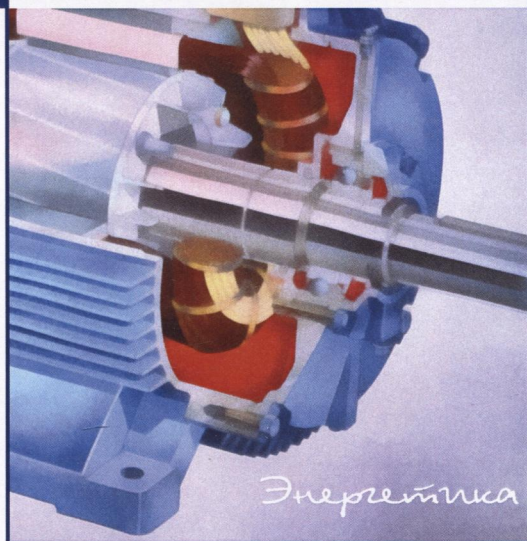


НАУЧНАЯ МЫСЛЬ



А.В. Борисевич

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЕ ВЕКТОРНОЕ УПРАВЛЕНИЕ АСИНХРОННЫМИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯМИ

обзор состояния и новые результаты



А.В. БОРИСЕВИЧ

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЕ ВЕКТОРНОЕ УПРАВЛЕНИЕ АСИНХРОННЫМИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯМИ

ОБЗОР СОСТОЯНИЯ
И НОВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

МОНОГРАФИЯ

Электронно-
Библиотечная
znanium.com

Москва
ИНФРА-М
2015

УДК 621.313(075.4)
ББК 31.291.63
Б82

ФЗ
№ 436-ФЗ

Издание не подлежит маркировке
в соответствии с п. 1 ч. 2 ст. 1

Рецензенты:

А.М. Олейников — д.т.н., профессор, лауреат государственной премии Украины в области науки и техники, заведующий кафедрой Судовых и промышленных электромеханических систем Севастопольского национального технического университета;

А.Б. Смирнов — д.т.н., профессор кафедры «Автоматы» Санкт-Петербургского государственного политехнического университета

Борисевич А.В.

Б82 Энергосберегающее векторное управление асинхронными электродвигателями: обзор состояния и новые результаты: Монография. — М.: ИНФРА-М, 2015. — 104 с. — (Научная мысль). — www.dx.doi.org/10.12737/3333.

ISBN 978-5-16-009932-3 (print)

ISBN 978-5-16-101541-4 (online)

Монография посвящена методам повышения энергоэффективности векторного управления асинхронными электродвигателями. Рассмотрена модель асинхронного электродвигателя и описан принцип векторного управления. Дан краткий обзор существующих методов минимизации мощности потерь при векторном управлении. Приведены новые методы минимизации мощности потерь на основе численного поиска, а также на основе модели электродвигателя. Отдельно рассмотрен вопрос минимизации энергии потерь при ступенчатом изменении механической нагрузки. Все разработанные методы проверены с помощью моделирования и в результате экспериментов.

Для инженеров, научных работников, аспирантов и студентов высших учебных заведений, интересующихся вопросами энергосбережения и электропривода.

УДК 621.313(075.4)

ББК 31.291.63

ISBN 978-5-16-009932-3 (print)
ISBN 978-5-16-101541-4 (online)

© Борисевич А.В., 2015

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
О чем эта книга	3
Почему эта книга	4
Для кого эта книга	4
Обратная связь	4
Глава 1. МОДЕЛЬ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ	5
1.1. Элементарное описание	5
1.2. Системы координат	6
1.3. Общие уравнения Кирхгофа	7
1.4. Электромагнитная система и T-образная схема замещения	8
1.5. Обратная T-образная схема замещения	10
1.6. Модель в пространстве состояний	13
1.7. Моделирование в Simulink	14
Глава 2. ВЕКТОРНОЕ УПРАВЛЕНИЕ	16
2.1. Ориентация системы координат по полю ротора	16
2.2. Принцип векторного управления	17
2.3. Потребление электродвигателя в векторном режиме управления	20
2.4. Оптимальный ток намагничивания	21
2.5. Энергоэффективность векторного управления	23
Глава 3. КРАТКИЙ ОБЗОР АКТУАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ПРОБЛЕМЫ	27
3.1. Классификация потерь в системе электропривода	27
3.2. Аппроксимация потерь в системе преобразователь- электродвигатель	29
3.2.1. Потери в сердечнике	29
3.2.2. Потери в обмотках	31
3.2.3. Гармонические потери	31
3.2.4. Механические потери	31
3.2.5. Потери в частотном преобразователе	32
3.3. Критерии эффективности	33
3.3.1. Сравнение с током статора	34
3.3.2. Сравнение потерь в двигателе и преобразователе	35
3.3.3. Коэффициент мощности и скорость скольжения	37
3.3.4. Энергоэффективность электропривода средней мощности	38
3.4. Классификация методов оптимизации энергоэффективности	39
3.4.1. Управление состоянием двигателя	40
3.4.2. Методы на основе модели мощности потерь	41
3.4.3. Алгоритмы прямой поисковой оптимизации	44

Глава 4. ВАРИАНТЫ МЕТОДОВ ПРЯМОЙ ЧИСЛЕННОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ДЛЯ МИНИМИЗАЦИИ МОЩНОСТИ ПОТЕРЬ	47
4.1. Введение.....	47
4.2. Предварительные сведения	48
4.2.1. Модель электродвигателя и мощность потерь	48
4.2.2. Метод линейного изменения уставки.	48
4.2.3. Метод градиентного спуска	49
4.3. Алгоритм на основе линейного изменения уставки.....	50
4.3.1. Предкомпенсация уставки тока намагничивания	50
4.3.2. Модификация метода линейного изменения уставки.....	52
4.3.3. Моделирование	53
4.3.4. Аппаратная реализация и эксперимент.....	54
4.4. Алгоритм на основе метода градиентного спуска.....	57
4.4.1. Модификация метода градиентного спуска	58
4.4.2. Моделирование	60
4.4.3. Эксперимент	62
4.5. Заключение	64
Глава 5. МИНИМИЗАЦИЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПАРАМЕТРОВ МОДЕЛИ ПОТЕРЬ	65
5.1. Введение.....	65
5.2. Модель потерь в обмотках при магнитном насыщении	65
5.3. Метод минимизации энергопотребления	66
5.3.1. Условие оптимальности	66
5.3.2. Идентификация характеристики намагничивания.....	67
5.3.3. Алгоритм.....	68
5.4. Экспериментальная проверка.....	68
5.5. Заключение	71
Глава 6. ЭНЕРГООПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРИ СТУПЕНЧАТОМ ИЗМЕНЕНИИ МЕХАНИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ	72
6.1. Введение.....	72
6.2. Предварительные сведения	73
6.2.1. Модель двигателя.....	73
6.2.2. Мощность потерь и оптимальность в установившемся режиме	74
6.3. Задача оптимального управления	74
6.3.1. Оптимальное управление	75
6.4. Влияние регулятора скорости	77
6.4.1. Исследование субоптимальности	78
6.5. Влияние насыщения	81
6.5.1. Приближенное решение	82
6.5.2. Исследование субоптимальности	83
6.6. Эксперименты	87
6.7. Заключение	94
Список литературы	96