

Министерство образования и науки Российской Федерации  
НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

---

А.И. ИНКИН, А.В. БЛАНК, А.И. АЛИФЕРОВ

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ГЛАВЫ  
ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ  
АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД РАСЧЕТА  
ИНДУКЦИОННЫХ СИСТЕМ  
С ПОСТОЯННЫМИ МАГНИТАМИ

Утверждено Редакционно-издательским советом университет  
в качестве учебного пособия

НОВОСИБИРСК  
2013

УДК 621.313.84(075.8)  
И 653

Рецензенты:

*В.Ю. Нейман*, д-р техн. наук, проф.;  
*В.А. Хрусталеv*, д-р техн. наук, проф.

Работа выполнена на кафедрах автоматизированных  
электротехнологических установок и теоретических основ  
электротехники

**Инкин А.И.**

И 653 Специальные главы электротехники. Аналитический метод  
расчета индукционных систем с постоянными магнитами: учеб.  
пособие / А.И. Инкин, А.В. Бланк, А.И. Алиферов. – Новоси-  
бирск: Изд-во НГТУ, 2013. – 116 с.

ISBN 978-5-7782-2075-1

Учебное пособие предназначено для студентов магистерской под-  
готовки по направлению 140400 – «Энергетика и электротехника» ма-  
гистерской программы «Автоматизированные электронологические  
комплексы», изучающих дисциплину «Специальные главы электро-  
техники». В пособии даются теоретические основы формирования  
расчетных методик параметров электромагнитного и температурного  
полей посредством каскадных схем замещения применительно к ис-  
следованию электротепловых процессов в системах индукционного  
нагрева с постоянными магнитами. Особое внимание в пособии уде-  
ляется постановке задачи и обоснованию допущений, принимаемых  
при разработке расчетных методик, создаваемых на базе решения со-  
вместных электромагнитных и тепловых задач.

УДК 621.313.84(075.8)

ISBN 978-5-7782-2075-1

© Инкин А.И., Бланк А.В.,  
Алиферов А.И., 2013  
© Новосибирский государственный  
технический университет, 2013

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие.....	6
Основные обозначения .....	7
Введение.....	8
Глава 1. МАГНИТНЫЕ ПОЛЯ И СЛОИСТЫЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ЯВНОПОЛЮСНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН.....	9
1.1. Кусочно-непрерывные собственные функции при описании поля возбуждения электрической машины с постоянными магнитами.....	9
1.2. Описание поля возбуждения электрической машины с постоянными магнитами на базе одной кусочно-непрерывной собственной функции.....	22
Вопросы для самопроверки.....	28
Глава 2. КАСКАДНЫЕ СХЕМЫ ЗАМЕЩЕНИЯ УСТАНОВОК ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВА С ПОСТОЯННЫМИ МАГНИТАМИ.....	29
2.1. Типовое активное $E-H$ -звено на базе плоской развертки в декартовой системе координат.....	31
2.1.1. Постановка задачи .....	31
2.1.2. Типовое $E-H$ -звено при усреднении магнитных свойств дискретно-однородной полосы .....	35
2.1.3. Параметры $E-H$ -звена на базе кусочно-непрерывной собственной функции.....	40
2.2. Расчет электромагнитного поля системы постоянные магниты–садка на базе плоской развертки .....	50
2.2.1. Каскадная схема.....	50

2.2.2. Численный расчет системы постоянные магниты–садка .....	53
2.2.3. Сравнительный анализ аналитического и численного расчетов системы постоянные магниты–садка.....	57
2.3. Каскадная $A-H$ -схема замещения системы постоянные магниты–садка на базе плоской развертки .....	60
2.3.1. Постановка задачи .....	60
2.3.2. Типовое активное $A-H$ -звено при усреднении магнитных свойств дискретно-однородной полосы .....	61
2.3.3. Параметры активного $A-H$ -звена на базе кусочно-непрерывной собственной функции .....	64
2.3.4. Каскадная схема.....	67
2.4. Цилиндрическая слоистая модель и каскадная $A-H$ -схема замещения системы постоянные магниты–садка .....	71
2.4.1. Постановка задачи .....	71
2.4.2. Параметры активного $A-H$ -звена на базе кусочно-непрерывной собственной функции .....	74
2.4.3. Параметры активного $A-H$ -звена при усреднении магнитных свойств дискретно-однородной подобласти паз–клиновидный магнит .....	79
2.4.4. Параметры $A-H$ -схемы замещения немагнитной садки .....	81
2.4.5. Каскадная схема.....	85
2.4.6. Сравнительный анализ аналитического и численного расчетов системы постоянные магниты–садка в цилиндрической системе координат.....	86
Вопросы для самопроверки.....	90
Глава 3. ПРИНЦИПЫ СИНТЕЗА КАСКАДНЫХ СХЕМ ЗАМЕЩЕНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТА ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ В НАГРЕВАЕМОЙ НЕМАГНИТНОЙ ЗАГОТОВКЕ .....	91
3.1. Температурное поле в стержне круглого сечения с внутренним тепловыделением.....	91

3.2. Решение связанных электромагнитно-тепловых задач на базе универсальных каскадных схем замещения .....	101
3.2.1. Постановка задачи .....	101
3.2.2. Индукционный нагрев цилиндрического немагнитного проводника .....	102
Вопросы для самопроверки .....	113
Библиографический список .....	114