

Министерство образования и науки Российской Федерации
НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Ю.Г. БУХГОЛЬЦ, В.А. ТЮКОВ,
Т.В. ЧЕСТЮНИНА

ОСНОВЫ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ И ТЕПЛОВЫХ РАСЧЕТОВ В ЭЛЕКТРОМЕХАНИКЕ

Утверждено
Редакционно-издательским советом университета
в качестве учебного пособия

НОВОСИБИРСК
2008

УДК 621.313.001.24(075.8)
Б 943

***Инновационная образовательная программа НГТУ
«Высокие технологии»***

Рецензенты:
канд. техн. наук, доц. *В.Н. Аносов*;
д-р техн. наук, проф. *О.П. Муравлев*,
Томский политехнический университет

Работа подготовлена на кафедре электромеханики

Бухгольц Ю.Г.

Б 943 Основы аэродинамических и тепловых расчетов в электромеханике : учеб. пособие / Ю.Г. Бухгольц, В.А. Тюков, Т.В. Честюнина. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2008. – 196 с.

ISBN 978-5-7782-1141-4

Приведены основные положения теории аэродинамики и теплопередачи, принципы составления эквивалентных схем вентиляционной цепи, процессов теплопередачи, соотношения для расчетов коэффициентов аэродинамических сопротивлений теплопроводности и теплопередачи и другие справочные данные, не используемые в расчетах систем охлаждения.

Предназначена для студентов, обучающихся по направлениям «Энергетика и электротехника», «Мехатроника и автоматизация».

УДК 621.313.001.24(075.8)

ISBN 978-5-7782-1141-4

- © Бухгольц Ю.Г., Тюков В.А., Честюнина Т.В., 2008
- © Новосибирский государственный технический университет, 2008

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	6
Глава 1. ЗАДАЧИ И ПРОБЛЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЭНЕРГИИ	7
Глава 2. НАГРЕВ И ОХЛАЖДЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН.....	16
2.1. Системы охлаждения электрических машин, их эффектив- ность и экономичность.....	17
2.2. Основы проектирования систем охлаждения, связь электромаг- нитного, вентиляционного и теплового расчетов.....	20
Глава 3. ВЕНТИЛЯЦИОННЫЙ РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН	22
3.1. Характеристики схем вентиляции	22
3.2. Задачи вентиляционного расчета	29
3.3. Аэродинамическая (гидравлическая) характеристика электрической машины.....	32
3.4. Определение аэродинамических (гидравлических) сопротив- лений тракта охлаждения.....	37
3.4.1. Сопротивление трения в каналах	37
3.4.2. Местные аэродинамические и гидравлические сопротив- ления	39
3.4.3. Учет влияния вращения ротора на аэродинамическое (гидравлическое) сопротивление.....	42
3.5. Вентиляторы электрических машин	44
3.5.1. Общие сведения о вентиляторах	44
3.5.2. Особенности проектирования вентиляторов электрических машин.....	48
3.5.3. Проектирование центробежных вентиляторов	50
3.5.4. Проектирование осевых вентиляторов	56
3.6. Графоаналитический расчет вентиляционных схем	62
3.6.1. Параллельное включение ветвей с напорными элементами	66
3.6.2. Последовательное включение основного вентилятора с параллельной цепочкой, содержащей в одной ветви напорный элемент.....	67

Глава 4. ТЕПЛОВЫЕ РАСЧЕТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН	70
4.1. Поле температуры. Процессы передачи тепла	70
4.2. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Понятие тепловых сопротивлений	74
4.3. Определение коэффициентов теплопроводности и теплоотдачи при тепловых расчетах электрических машин	76
4.3.1. Коэффициент теплопроводности композиционных структур	76
4.3.1.1. Эквивалентный коэффициент теплопроводности слоистой композиции	78
4.3.1.2. Коэффициент теплопроводности шихтованных пакетов магнитопровода поперек листов	80
4.3.1.3. Эквивалентные коэффициенты теплопроводности обмоток	81
4.3.2. Определение коэффициентов теплоотдачи	87
4.4. Задачи теплового расчета	90
4.5. Тепловой расчет электрических машин	92
4.5.1. Принципы составления эквивалентных тепловых схем замещения. Расчет установившегося теплового режима	93
4.5.1.1. Асинхронный электродвигатель закрытого исполнения с внешним обдувом (электродвигатели типа А4, АИ, исполнение IP-44)	94
4.5.1.2. Статор машины переменного тока с радиальной системой вентиляции	99
4.5.2. Тепловой расчет неустановившихся тепловых режимов	102
4.5.2.1. Тепловой режим повторно-кратковременного режима	108
4.5.2.2. Тепловой режим кратковременных режимов	110
Глава 5. ПРИМЕРЫ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ И ТЕПЛОВЫХ РАСЧЕТОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН	112
5.1. Вентиляционный расчет закрытого обребренного асинхронного электродвигателя с внешним обдувом (исполнение IP-44)	113
5.2. Вентиляционный расчет защищенного асинхронного электродвигателя (исполнение IP-23)	116
5.3. Вентиляционный расчет закрытого асинхронного электродвигателя с форсированным охлаждением ротора (исполнение IP-44)	120
5.4. Вентиляционный расчет синхронной машины с радиальной системой вентиляции и разомкнутым циклом	125
5.5. Вентиляционный расчет синхронной машины с радиальной системой и замкнутым циклом вентиляции	129

5.6. Вентиляционный расчет машины постоянного тока с аксиальной системой вентиляции	133
5.7. Тепловой расчет закрытого обдуваемого асинхронного электродвигателя серий 4А, АИ.....	139
5.8. Тепловой расчет защищенного асинхронного электродвигателя серий 4А, АИ ($h_b \leq 250$ мм)	147
5.9. Тепловой расчет синхронной машины с радиальной системой вентиляции	148
5.9.1. Тепловой расчет статора	148
5.9.2. Тепловой расчет обмотки возбуждения.....	151
5.9.2.1. Многорядная обмотка возбуждения.....	152
5.9.2.2. Однорядная обмотка возбуждения	153
5.10. Тепловой расчет машины постоянного тока с аксиальной системой вентиляции	154
5.10.1. Тепловой расчет якоря	155
5.10.2. Тепловой расчет главных и добавочных полюсов.....	160
5.11. Тепловой расчет повторно-кратковременных и кратковременных режимов работы электрических машин	166
5.11.1. Тепловой расчет закрытого электродвигателя постоянного тока с естественным охлаждением в повторно-кратковременных режимах	167
5.11.2. Тепловой расчет закрытого электродвигателя постоянного тока с естественным охлаждением в кратковременном режиме.....	170
5.11.3. Тепловой расчет закрытого асинхронного электродвигателя с естественным охлаждением в повторно-кратковременных режимах	173
Литература.....	174
Приложение.....	175