

УДК 621.313+621.314(075.8)

ББК 31.261.8+31.261я73

И26

Игнатович В.М.

И26 Электрические машины и трансформаторы: учебное пособие / В.М. Игнатович, Ш.С. Ройз; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 182 с.

В пособии изложены описания конструкций, основы теории, эксплуатационные свойства электрических машин и трансформаторов. Приведен перечень лабораторных работ, контрольные вопросы при их защите, вопросы и ответы для самопроверки остаточных знаний.

Пособие может быть полезным при изучении дисциплины «Электрические машины» для студентов, обучающихся по направлению 140400 «Электроэнергетика и электротехника».

УДК 621.313+621.314(075.8)

ББК 31.261.8+31.261я73

Рецензенты

Кандидат технических наук, профессор
заведующий кафедрой электромеханики
Комсомольского-на-Амуре
государственного технического университета
В.М. Кузьмин

Кандидат технических наук
главный конструктор ОАО «Сибэлектромотор»
А.Э. Гусельников

Кандидат технических наук, доцент кафедры
электрических машин и аппаратов
Томского политехнического университета
А.И. Верхотуров

© Томский политехнический
университет, 2002

© Игнатович В.М., Ройз Ш.С., 2002

© Оформление. Издательство Томского
политехнического университета, 2013

СОДЕРЖАНИЕ

1. ТРАНСФОРМАТОРЫ	3
1.1. Устройство и принцип действия трансформаторов	4
1.2. Основные уравнения трансформатора	8
1.3. Электрическая схема замещения трансформатора	10
1.4. Опыт холостого хода	13
1.5. Опыт короткого замыкания	14
1.6. Векторные диаграммы трансформатора при нагрузке	16
1.7. Внешние характеристики трансформатора	18
1.8. Регулирование напряжения трансформаторов	20
1.9. Потери и КПД трансформатора	22
1.10. Схемы и группы соединений обмоток трансформаторов	23
1.11. Параллельная работа трансформаторов	28
1.12. Несимметричная нагрузка трехфазных трансформаторов	32
1.13. Многообмоточные трансформаторы	37
1.14. Автотрансформаторы	39
1.15. Автотрансформаторы с переменным коэффициентом трансформации	40
1.16. Трансформаторы для дуговой электросварки	41
1.17. Переходные процессы в трансформаторах	42
ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ И КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПО РАЗДЕЛУ «ТРАНСФОРМАТОРЫ»	45
2. АСИНХРОННЫЕ МАШИНЫ	52
2.1. Устройство асинхронной машины	53
2.2. Трехфазные обмотки машин переменного тока	54
2.2.1. Трехфазные двухслойные обмотки	56
2.2.2. Трехфазные однослойные обмотки	57
2.3. Электродвижущая сила обмоток переменного тока	58
2.4. Вращающееся магнитное поле	60
2.5. Принцип действия асинхронной машины и режимы работы	62
2.6. Уравнения напряжений асинхронного двигателя	66
2.7. Уравнения МДС и токов асинхронного двигателя	67
2.8. Приведение параметров обмотки ротора, векторная диаграмма и схемы замещения асинхронного двигателя	69
2.9. Энергетические диаграммы активной и реактивной мощностей асинхронной машины	72

2.10. Вращающие моменты асинхронной машины	74
2.11. Способы пуска трехфазных асинхронных двигателей (АД)	79
2.11.1. Способы пуска АД с короткозамкнутым ротором	79
2.11.2. Пуск АД с фазным ротором	83
2.12. Регулирование частоты вращения АД	84
ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ И КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ	
ПО РАЗДЕЛУ «АСИНХРОННЫЕ МАШИНЫ»	92
3. СИНХРОННЫЕ МАШИНЫ	97
3.1. Устройство и принцип действия синхронной машины	98
3.2. Магнитное поле обмотки возбуждения синхронной машины	99
3.3. Магнитное поле и параметры обмотки якоря	101
3.3.1. Продольная и поперечная реакции якоря	101
3.4. Магнитные поля и ЭДС продольной и поперечной реакции якоря	103
3.5. Векторные диаграммы напряжений синхронных генераторов	106
3.6. Характеристики синхронного генератора	107
3.6.1. Характеристика холостого хода $E = f(i_f)$ при $I = 0, f_1 = const$	107
3.6.2. Характеристика трехфазного короткого замыкания $I = (i_f)$ при $U = 0, f_1 = const$	108
3.6.3. Отношение короткого замыкания	108
3.6.4. Внешние характеристики $U = f(I)$ при $i_f = const, \cos\varphi = const, f_1 = const$	109
3.6.5. Регулировочные характеристики $i_f = f(I)$ при $U = const, \cos\varphi = const, f_1 = const$	109
3.6.6. Индукционная нагрузочная характеристика $U = f(i_f)$ при $I = const, \cos\varphi = 0, f_1 = const$	110
3.7. Диаграмма Потье	110
3.8. Параллельная работа синхронных генераторов	111
3.8.1. Условия включения генератора на параллельную работу	112
3.8.2. Синхронные режимы параллельной работы синхронных машин	114
3.8.3. Угловые характеристики активной мощности синхронных машин $P = f(\theta)$ при $E = const, n = const$	116
3.8.4. Синхронизирующая мощность (синхронизирующий момент) и статическая перегружаемость синхронных машин	117

3.8.5. Работа синхронной машины при постоянной активной мощности и переменном возбуждении	118
3.9. Элементы теории переходных процессов синхронных машин	119
3.9.1. Гашение магнитного поля	120
3.9.2. Физическая картина явлений при внезапном трехфазном коротком замыкании синхронного генератора	120
3.10. Синхронные двигатели и компенсаторы	123
3.10.1. Синхронные двигатели	123
3.10.2. Синхронный компенсатор	124
ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ И КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПО РАЗДЕЛУ «СИНХРОННЫЕ МАШИНЫ»	125
4. МАШИНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА	131
4.1. Устройство простейшей машины постоянного тока и принцип ее действия	131
4.2. Якорные обмотки машин постоянного тока	133
4.2.1. Петлевые обмотки	134
4.2.2. Волновые обмотки	136
4.3. Магнитная цепь машины постоянного тока при холостом ходе	137
4.4. Магнитное поле машины при нагрузке	139
4.5. Коммутация	142
4.6. Электродвижущая сила обмотки якоря и электромагнитный момент	145
4.6.1. ЭДС якоря	145
4.6.2. Электромагнитный момент	146
4.7. Генераторы постоянного тока	146
4.7.1. Общие сведения о генераторах постоянного тока	146
4.7.2. Характеристики генераторов постоянного тока	150
4.7.3. Параллельная работа генераторов постоянного тока	152
4.8. Двигатели постоянного тока	154
4.8.1. Пуск двигателей постоянного тока	155
4.8.2. Регулирование частоты вращения и устойчивость работы двигателя	156
4.8.3. Рабочие характеристики двигателей постоянного тока	158
4.8.4. Торможение двигателей постоянного тока	159
ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ И КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПО РАЗДЕЛУ «МАШИНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА»	161
ПРИЛОЖЕНИЕ	167
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	178