

УДК 621.314(075.8)
Ж 877

Рецензенты: *В.Н. Аносов*, д-р техн. наук, профессор
А.С. Востриков, д-р техн. наук, профессор
К.П. Кадомская, д-р техн. наук, профессор
Г.М. Симаков, д-р техн. наук, профессор
Н.И. Щуров, д-р техн. наук, профессор

Жуловян В.В.

Ж 877 Основы электромеханического преобразования энергии : учебник / В.В. Жуловян. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2018. – 427 с. (Серия «Учебники НГТУ»).

ISBN 978-5-7782-3587-8

Рассматривается круг вопросов, связанных с изучением процессов электромеханического преобразования энергии на основе общих законов физики, электродинамики и аналитической механики. Единство анализа электрической и механической частей, связанных электромагнитным полем, обеспечивается за счет функций для кинетической и потенциальной энергий. Они, записанные через обобщенные координаты, содержат всю информацию о внутренних связях электромеханической системы, позволяя получить уравнения движения, либо на основе функций Лагранжа или Гамильтона. При этом оказывается, что они могут использоваться и при введении квазиординат, дающих возможность избавиться от переменных коэффициентов в уравнениях движения вращающихся преобразователей энергии. В целом в результате такого подхода наглядно проявляется единство законов электродинамики с законами движения механических систем. Анализ многофазных электрических машин проведен на основе результирующих векторов, их роль подобна обобщенным переменным механической системы. Они, наглядно отражая природу явлений, позволяют уменьшить число переменных до минимума, дают возможность провести исследование режимов работы при неуравновешенной системе напряжений и различных значениях электрических параметров отдельных фаз, не прибегая к методу симметричных составляющих. Отдельно рассмотрены индукторные машины, работа которых основана на пространственных гармониках магнитного поля, возникающих благодаря переменной проводимости воздушного зазора, образованного открытыми пазами на поверхностях статора и ротора. Для закрепления каждый раздел книги сопровождается циклом задач.

Учебник предназначен для студентов электромеханических специальностей и специальностей, связанных с эксплуатацией электрических машин. Книга может быть полезна аспирантам и инженерам, работающим в области электромеханики.

УДК 621.314(075.8)

ISBN 978-5-7782-3587-8

© Жуловян В.В., 2014, 2018
© Новосибирский государственный
технический университет, 2014, 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

Оглавление.....	5
Предисловие	7
Глава 1. Основные соотношения и законы электромеханического преобразования энергии	11
1.1. Пондеромоторная сила, испытываемая замкнутым током во внешнем магнитном поле. Потенциальная функция тока.....	12
1.2. Пондеромоторные силы взаимодействия токов	21
1.3. Электромеханическое преобразование энергии в поле переменных токов. Энергия магнитного поля.....	33
1.4. Определение пондеромоторных сил в магнитном поле при нелинейных связях между потокосцеплениями и токами.....	47
1.5. Пондеромоторные силы в электрическом поле	62
Выводы	68
Глава 2. Уравнения движения электромеханических преобразователей энергии	69
2.1. Представление уравнений движения на основе энергетических функций.....	70
2.2. Уравнения Лагранжа.....	82
2.3. Примеры на составление уравнений Лагранжа	96
2.4. Принцип наименьшего действия и уравнения Лагранжа	105
2.5. Вывод уравнений движения на основе функции Гамильтона.....	114
2.6. Истинные координаты и квазикоординаты.....	118
2.7. О единстве законов для механических и электрических систем	127
Задачи	153
Глава 3. Вращающиеся многополюсные электромеханические преобразователи энергии	181
3.1. Устройство вращающихся преобразователей энергии	182
3.1.1. Устройство коллекторных машин постоянного тока	182
3.1.2. Устройство и принцип действия многофазных электрических машин	187
3.2. Индуктивные (динамические) параметры машины	195
3.2.1. Устройство многофазных обмоток.....	196
3.2.2. Магнитное поле катушки	198
3.2.3. Магнитодвижущая сила, создаваемая группой катушек.....	201
3.2.4. Магнитодвижущая сила двухслойной обмотки	203
3.2.5. Магнитодвижущая сила многофазной обмотки.....	205
3.2.6. Приведение обмоток ротора к обмоткам статора	208
3.2.7. Индуктивности обмоток от основных полей.....	209
3.3. Результирующие векторы токов, потокосцеплений и напряжений	216



3.4. Уравнения движения электрической машины.....	224
3.5. Уравнения напряжений в векторной форме.....	228
3.6. Уравнения движения обобщенной электрической машины, выраженные через переменные в осях α , β и d , q	231
3.7. Баланс мощности, энергия магнитного поля, электромагнитный момент	238
3.7.1. Расчет электромагнитного момента на основе сил, опреде- ляемых законом Ампера	247
Глава 4. Асинхронные машины	253
4.1. Уравнения напряжений, токов, потокосцеплений. Схема замещения.....	254
4.2. Вращающий электромагнитный момент	263
4.3. Круговая диаграмма токов.....	272
4.4. Определение по круговой диаграмме основных величин, характе- ризующих работу асинхронного двигателя	279
4.5. Пусковой режим	283
4.6. Несимметричный режим работы асинхронных двигателей	288
4.6.1. Уравнения напряжений двухфазной асинхронной машины при несимметрии параметров и напряжений сети	290
4.6.2. Установившийся режим работы	295
4.6.3. Общий метод анализа m -фазных электрических машин с не- симметричными параметрами обмоток.....	305
Задачи	317
Глава 5. Синхронные машины	321
5.1. Устройство синхронных машин.....	322
5.2. Уравнения синхронной машины.....	323
5.3. Установившийся синхронный режим работы.....	331
5.4. Статическая устойчивость синхронной машины	355
5.5. Колебания и динамическая устойчивость синхронной машины	366
5.5.1. Синхронные индукторные машины	374
5.5.2. Синхронные индукторные двигатели с расщепленными обмотками	388
5.5.3. Электрическая схема обмоток. Токи, потокосцепления и ин- дуктивные параметры трехфазного индукторного двигателя.....	405
5.5.4. Уравнения напряжений машины и электромагнитного мо- мента.....	410
Выводы	419
Задачи	420
Библиографический список.....	424