

УДК 621.314:621.3
Н 46

Рецензенты:

д-р техн. наук, профессор *А.И. Алиферов*
канд. техн. наук, доцент *Ф.Э. Лаппи*

Нейман В.Ю.

Н 46 Электромеханическое преобразование энергии в задачах электротехники: монография / В.Ю. Нейман. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2019. – 204 с. – (Серия «Монографии НГТУ»).

ISBN 978-5-7782-4023-0

Рассматриваются различные подходы в вопросах анализа электро-механических процессов в движущихся элементах электромеханики. Особое внимание уделяется вопросам энергопреобразования и определения электромагнитных сил в динамических режимах работы электромеханических устройств с постоянной и переменной индуктивностью.

Монография представляет интерес для широкого круга научных работников и аспирантов, занимающихся расчетами и анализом электромеханических устройств различного назначения, а также может служить пособием для магистрантов направления «Электроэнергетика и электротехника» при решении научных и прикладных задач электротехники.

УДК 621.314:621.3

ISBN 978-5-7782-4023-0

© Нейман В.Ю., 2019

© Новосибирский государственный
технический университет, 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	7
Г л а в а 1. Одномерные волновые уравнения в движущихся эле- ментах электромеханики.....	11
1.1. Плоские электромагнитные волны в движущейся идеализиро- ванной линейной электропроводящей среде	12
1.1.1. Постановка задачи исследования.....	12
1.1.2. Волновые уравнения в случае движущейся линейной электропроводящей среды.....	14
1.1.3. Условия существования бегущих волн с затуханием в линейной среде и их параметры.....	19
1.1.4. Квазиволновой процесс в линейной среде и его параметры	23
Выводы	26
1.2. Плоские электромагнитные волны в реальных поляризуемых вещественных движущихся средах	27
1.2.1. Постановка задачи исследования.....	27
1.2.2. Волновые уравнения в случае движущейся нелинейной электропроводящей среды.....	28
1.2.3. Условия существования бегущих волн с затуханием в нелинейной среде и их параметры.....	30
1.2.4. Технический способ организации режима бегущих волн в нелинейной среде	33
Выводы	38
1.3. Физические характеристики поляризованных сред, обусловлен- ные релаксационными процессами.....	38
1.3.1. Основные соотношения векторов поля в поляризованных средах и физические характеристики среды.....	38
1.3.2. Определение физических характеристик поляризованных сред	44
Выводы	50



Г л а в а 2. Классический подход в решении вопросов энергопреобразования на примере электромеханических устройств с переменной индуктивностью.....	51
2.1. Преобразование энергии в ЭМД.....	51
2.1.1. Уравнение электрического равновесия ЭМД с движущимся якорем	52
2.1.2. Уравнение баланса энергии ЭМД	55
2.2. Производимая работа ЭМД и действующие в системе силы.....	58
2.3. Расчет действующих в системе электромагнитных сил на основе баланса энергии ненасыщенного ЭМД	65
2.4. Энергопреобразование ненасыщенного ЭМД при отрыве якоря внешними силами.....	69
2.5. Условия реализации предельного КПД на основе анализа элементарных магнитных циклов	75
2.6. Баланс мощности ЭМД.....	85
2.7. Предельные динамические режимы функционирования ЭМД.....	92
2.7.1. Максимальная скорость движения якоря ЭМД.....	92
2.7.2. Максимальная энергия в объеме, занятом ЭМД	96
2.8. К вопросу определения электромагнитных сил в ЭМД.....	99
Г л а в а 3. Энергетические соотношения и электромагнитные силы в динамических процессах.....	101
3.1. Постановка задачи.....	101
3.2. Область применимости гипотезы стационарности при энергетических и силовых расчетах электромеханических устройств	106
3.2.1. Выражение объемной плотности энергии электромагнитного поля в медленно движущихся средах	107
3.2.2. Применимость гипотезы стационарности при электромеханических расчетах	110
3.3. Связь переменных в координатах Лагранжа и Эйлера при описании электромеханических процессов.....	114
3.3.1. Вывод формулы связи производных по времени в координатах Эйлера и Лагранжа	116
3.3.2. Вопросы определения функциональной зависимости для тока.....	118
3.4. Функциональные зависимости динамических переменных электромеханических устройств	120
3.4.1. Функциональные зависимости динамических переменных электромеханических устройств с постоянной индуктивностью	120



3.4.2. Функциональные зависимости динамических переменных электромеханических устройств с переменной индуктивностью	126
3.4.3. Анализ результатов	129
3.5. Учет динамической составляющей электромагнитной силы в электромеханических системах.....	131
3.5.1. Постановка задачи исследований	131
3.5.2. Динамическое усилие в устройствах с постоянной индуктивностью	132
3.5.3. Динамическое усилие в устройствах с переменной индуктивностью	140
3.5.4. Динамическое усилие в системе контуров.....	144
3.6. Математическая модель электромагнитного двигателя постоянного тока и его энергетические показатели	145
Основные выводы по главе	159
Г л а в а 4. Примеры практического применения теории электрических цепей к задачам электротехники.....	161
4.1. К расчету интегральных характеристик тока и момента тягового электропривода с контактной сетью.....	161
4.1.1. Теоретические предпосылки	162
4.1.2. Постановка задачи исследования.....	164
4.1.3. Средняя мощность тепловых потерь в контактной сети	165
4.1.4. Действующее и среднеквадратичное значения тока в контактной сети.....	167
4.1.5. Мгновенное и среднее значение момента тягового двигателя	173
4.2. Эквивалентные преобразования источников энергии на основе полного энергетического критерия.....	177
4.2.1. Постановка задачи исследования.....	177
4.2.2. Эквивалентные преобразования источника тока в источник ЭДС при эквивалентности балансов мощности	179
4.2.3. Рекомендации по использованию эквивалентных преобразований источников энергии	187
Библиографический список	189