

УДК 621.313.333.072.6.62-5:681.5.0
ББК 31.291-01
Н73

Рецензент:

д-р техн. наук, профессор *М.Г. Бычков*

Новиков, Г. В.

Частотное управление асинхронными электродвигателями / Г. В. Новиков. —
Н73 2-е изд. — Москва : Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018. — 498, [6] с. : ил.
ISBN 978-5-7038-4901-9

Книга посвящена одному из видов электрических приводов — частотно-управляемому с асинхронными электродвигателями, наиболее сложному и широко распространенному в современной технике.

Рассмотрены проблемы теории и практики частотного управления асинхронными электродвигателями. Подробно изложены вопросы расчета статических характеристик, проанализированы режимы работы и управления частотно-управляемыми приводами. Теория работы частотно-управляемого привода рассмотрена применительно ко всем возможным приложениям, а особенности его работы, основные примеры и расчеты — к тяговому приводу.

Для специалистов по электроприводам, а также студентов и аспирантов вузов.

Предполагается знание читателем основ теории электротехники, электрических машин, преобразовательной техники, электроприводов и автоматического управления.

Издается в авторской редакции.

УДК 621.313.333.072.6.62-5:681.5.0
ББК 31.291-01

ISBN 978-5-7038-4901-9

© Новиков Г.В., 2016
© Оформление. Издательство
МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016

Оглавление

Предисловие	6
Основные обозначения	12
Список сокращений	15
Терминология	17
Введение	21
Глава 1. Асинхронный электродвигатель при частотном управлении	30
1.1. Асинхронный электродвигатель	30
1.2. Управление скоростью вращения электродвигателя	37
1.3. Управление магнитным потоком электродвигателя	41
1.4. Частотное управление асинхронными электродвигателями	43
Глава 2. Математическое описание параметров нагрузки асинхронных электродвигателей при частотном управлении	46
2.1. Асинхронный электродвигатель как объект расчета характеристик	46
2.2. Общие соотношения	53
2.3. Аналитические соотношения параметров нагрузки асинхронного электродвигателя $X_i(U)$	60
2.4. Расчетные формулы привода	70
2.5. Экстремальные значения параметров нагрузки АД при известных значениях напряжения $X_i(U)_{\text{экстр}}$	72
2.6. Выражения взаимных зависимостей параметров нагрузки $X_i(X_j)$	79
2.7. Выражения параметров нагрузки при известном значении магнитного потока $X_i(\Phi)$	88
2.8. Экстремальные значения параметров нагрузки АД при известных значениях магнитного потока — $X_i(\Phi)$	93
2.9. Выражения зависимостей напряжения от параметров нагрузки $U(X_i)$	95
2.10. Режим минимума тока статора	97
Глава 3. Промежуточные параметры нагрузки и регулирования асинхронного электродвигателя	101
3.1. Общие положения	101
3.2. Режим заданного коэффициента $\cos \varphi_1$	102
3.3. Режим максимального коэффициента мощности $\cos \varphi_1$	104
3.4. Режим заданного или граничного λ	106
3.5. Режимы с заданной нагрузкой при известном напряжении $\beta(X_i, U)$	108
3.6. Режимы с заданной нагрузкой при известном магнитном потоке $\beta(X_i, \Phi)$	113
Глава 4. Частотное управление режимами торможения асинхронного двигателя	119
4.1. Тормозные режимы асинхронного электродвигателя	119
4.2. Виды генераторного торможения в асинхронном приводе	131

4.3. Рекуперативное торможение	134
4.4. Реостатное торможение	138
4.5. Предельные режимы генераторного торможения	154
Глава 5. Законы регулирования напряжения при частотном управлении	165
5.1. Регулирование напряжения на асинхронных двигателях	165
5.2. Законы регулирования напряжения	166
5.3. Оптимальное регулирование напряжения на асинхронном двигателе	168
5.4. Оптимальное регулирование напряжения в тяговом приводе	171
5.5. Условные законы регулирования напряжения	197
Глава 6. Расчет характеристик асинхронных электродвигателей и частотно-регулируемых электроприводов	199
6.1. Естественные характеристики асинхронного электродвигателя	199
6.2. Характеристики асинхронного двигателя при частотном управлении	202
6.3. Виды характеристик привода	206
6.4. Законы регулирования напряжения	235
6.5. Учет насыщения асинхронного электродвигателя	238
6.6. Расчетное определение оптимального закона регулирования	246
6.7. Расчет и построение диаграмм энергоэффективности	253
6.8. Содержание и порядок расчетов характеристик	255
6.9. Точность и достоверность анализа и расчетов	258
Глава 7. Средства управления частотой и напряжением	260
7.1. Преобразователи частоты	260
7.2. Силовые схемы преобразователей частоты	264
7.3. Энергетика преобразователей частоты	272
7.4. Характеристики преобразователей частоты	273
7.5. Система управления преобразователя частоты	283
7.6. Управление частотой на выходе инвертора	289
7.7. Управление напряжением на выходе инвертора	292
7.8. Управление торможением	302
7.9. Встроенное автоматическое управление	303
7.10. Электромагнитная совместимость ПЧ с двигателем	309
7.11. Преобразователи частоты как мехатронные агрегаты	312
Глава 8. Особенности работы и проектирования двигателей для частотного управления	315
8.1. Работа асинхронного двигателя при частотном управлении	315
8.2. Оптимизация асинхронного двигателя в процессе проектирования	320
8.3. Энергоэффективные электродвигатели	323
8.4. Особые условия и трудности работы двигателя	325
8.5. Выбор двигателей для привода	327
Глава 9. Управление асинхронными электродвигателями при частотном регулировании	335
9.1. Терминология управления	335
9.2. Асинхронный двигатель как объект управления	336
9.3. Задачи управления асинхронным электродвигателем	339
9.4. Каналы управления асинхронным электродвигателем	342
9.5. Управление в частотно-регулируемом приводе	351
9.6. Ручное и автоматическое управление	359

9.7. Особенности элементного состава систем автоматического управления асинхронных двигателей	365
9.8. Скалярное управление асинхронными двигателями	392
9.9. Векторное управление асинхронными двигателями	405
9.10. Автоматическое регулирование в частотно-управляемом приводе	419
9.11. Мехатронные частотно-управляемые асинхронные приводы	423
Глава 10. Асинхронный частотно-управляемый электропривод	425
10.1. Терминология	425
10.2. Классификация электрических приводов	428
10.3. Частотно-управляемый асинхронный электропривод	430
10.4. Частотно-управляемый тяговый электропривод	434
10.5. Гибридный тяговый привод	442
10.6. Управление и автоматическое регулирование приводов	448
10.7. Мехатронные частотно-управляемые асинхронные приводы	450
Глава 11. Система электропривода ДВС — СГ — АД	453
11.1. Построение и особенности привода	453
11.2. Момент сопротивления электрической трансмиссии СГ — АД	457
11.3. Анализ режимов работы привода	467
11.4. Турбоэлектротрактор ТЭТ-800	482
Заключение	486
Литература	488
Приложения	490