

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
(национальный исследовательский университет)

А.А. КИРИЛЛОВ, В.Г. СТЕБЛЕЦОВ

ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Допущено

*Учебно-методическим объединением
высших учебных заведений Российской Федерации
по образованию в области авиации, ракетостроения
и космоса в качестве учебного пособия для студентов
высших учебных заведений РФ, обучающихся
по специальности 160603 «Системы приводов летательных
аппаратов» направления подготовки дипломированных
специалистов 160600 «Интегрированные системы
летательных аппаратов» и специальности 160802
«Космические летательные аппараты и разгонные блоки»
направления подготовки дипломированных специалистов
160800 «Ракетостроение и космонавтика».*

Москва
2013

УДК 629.7-83(075.8)
ББК 39.52:31.291я73
К43

Рецензенты:

В.М. Беседин, зав. кафедрой «Управления и информатики»,
Московского энергетического института (технического университета)
профессор, доктор технических наук,
О.В. Горячев, зав. кафедрой «Системы автоматического управления»
Тульского государственного университета,
профессор, доктор технических наук

Кириллов, А.А.
К43 Основы электропривода летательных аппаратов : Учебное пособие / А.А. Кириллов, В.Г. Стеблецов. – М. : БИБЛИО-ГЛОБУС, 2013. – 208 с.: ил.

ISBN 978-5-906454-06-5

Учебное пособие содержит материалы курса «Основы электропривода летательных аппаратов».

В пособии рассмотрены основные понятия теории автоматического управления и регулирования, устройства, параметры, статические и динамические характеристики основных элементов электроавтоматики и электропривода, схемы, методика построения и основные методы коррекции и исследования электропривода при типовых воздействиях. В пособии изложены вопросы динамических возможностей и связь частотных характеристик с предельными амплитудами колебаний выходного вала, представлены основные положения теории релейных и цифровых систем, а также перспективные направления развития систем электроприводов с микропроцессорным управлением.

Учебное пособие представляет практический интерес для студентов, аспирантов и научных работников неэлектромеханических специальностей, где требуются обобщенные знания и представления о приводных системах.

УДК 629.7-83(075.8)
ББК 39.52:31.291я73

ISBN 978-5-906454-06-5

© А.А. Кириллов, В.Г. Стеблецов, 2013
© ООО Издательский дом
«БИБЛИО-ГЛОБУС», 2013

Содержание

Введение	6
1. Предмет и основные понятия курса	
«Основы электропривода летательных аппаратов»	6
1.1. Структурно-функциональная схема приводной системы и назначение ее элементов	11
1.2. Принцип работы следящей электроприводной системы	13
1.3. Классификация и области применения электроприводных систем	14
1.4. Требования, предъявляемые к приводным системам	15
1.5. Основные этапы проектирования	15
2. Основные понятия теории автоматического управления	17
2.1. Понятие передаточной функции и частотной характеристики	17
2.2. Логарифмические амплитудно-фазовые частотные характеристики типовых звеньев	22
2.3. Правила преобразования структурных схем	26
2.4. Устойчивость приводных систем	30
3. Исполнительные двигатели постоянного тока	40
3.1. Принцип работы двигателя постоянного тока	40
3.2. Характеристики двигателей постоянного тока	41
3.3. Классификация двигателей постоянного тока	43
3.4. Структурная схема и передаточная функция двигателя постоянного тока	50
3.5. Учет влияния индуктивного сопротивления якоря двигателя	52
3.6. Влияние реакции якоря двигателя	56
4. Шаговые двигатели	59
4.1. Виды шаговых двигателей	59
4.1.1. Шаговые двигатели с переменным магнитным сопротивлением	59
4.1.2. Шаговые двигатели с постоянными магнитами (индукторные)	60
4.1.3. Гибридные шаговые двигатели	61
4.1.4. Линейные шаговые двигатели	62
4.2. Биполярные и униполярные шаговые двигатели	64
4.3. Способы управления шаговыми двигателями	65

4.4. Зависимость момента от скорости, влияние нагрузки	69
4.5. Явление резонанса у шаговых двигателей	72
4.6. Коммутаторы шаговых двигателей	73
5. Двигатели переменного тока	75
5.1. Конструкция и принцип работы асинхронного двухфазного двигателя	75
5.2. Способы управления асинхронными двухфазными двигателями	77
5.3. Характеристики асинхронного двухфазного двигателя	79
6. Электромагнитные муфты	83
6.1. Конструкция и принцип работы муфт	83
6.2. Характеристики электромагнитных муфт	84
7. Механические передачи в приводах	89
7.1. Требования, предъявляемые к механическим передачам	89
7.2. Структурная схема и передаточная функция редуктора	90
8. Способы управления скоростью движения выходного звена исполнительного элемента (ИЭ)	94
8.1. Параметрическое управление исполнительными элементами	94
8.2. Генераторное управление исполнительными элементами	97
8.3. Импульсное управление исполнительными элементами	99
8.4. Управление исполнительными элементами по двум цепям	105
8.5. Импульсное управление двигателями переменного тока	107
9. Усилители в приводных системах	109
9.1. Предварительные усилители в приводных системах	109
9.2. Усилители мощности в приводных системах	110
9.2.1. Управляемый генератор	110
9.2.2. Электромашинный усилитель мощности с поперечным полем	115
9.2.3. Полупроводниковые усилители мощности	121
10. Измерители ошибки приводных систем	126
10.1. Датчики рассогласования и синхронной связи	126
10.2. Датчики перемещения, момента и усилия	134
10.3 Датчики скорости	137
11.Некоторые типы электрических приводов систем управления	141
11.1. Приводы постоянного тока	141

11.2 Приводы переменного тока	143
11.3 Приводы с управляемыми электромагнитными муфтами . . .	146
12. Коррекция динамических свойств приводных систем	149
12.1. Влияние добротности на устойчивость и точность системы . .	149
12.2. Последовательные корректирующие устройства	150
12.3. Коррекция глубокой отрицательной обратной связью.	157
13. Частотные характеристики замкнутой системы	163
14. Динамическая точность системы и ее связь с частотными характеристиками	164
15. Динамические возможности следящих приводов	167
15.1. Предельная амплитуда колебаний выходного вала	170
15.2. Частотные характеристики замкнутой приводной системы с учетом предельной амплитуды колебаний выходного вала	174
16. Приводные системы с релейным управлением	176
16.1. Основные положения теории релейных приводных систем.	177
16.2. Построение фазовых траекторий с учетом запаздывания релейного элемента.	181
16.3. Построение фазовых траекторий с учетом влияния стабилизирующей связи θ (скорости рассогласования) . . .	183
16.4. Построение фазовых траекторий с учетом влияния момента нагрузки	185
16.5. Определение параметров автоколебаний	187
17. Приводные системы с цифровым управлением.	189
17.1. Некоторые сведения из теории дискретных систем	190
17.1.1. Дискретное преобразование Лапласа	191
17.1.2. Экстраполятор и его передаточная функция.	192
17.1.3. Дискретная передаточная функция разомкнутой цифровой системы.	193
17.1.4. Частотные характеристики цифровых систем.	195
17.2. Основные структуры цифровых приводных систем.	198
17.3. Перспективные структуры с микропроцессорным управлением.	203
Литература	206