

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

А.А. КУВШИНОВ, Э.Л. ГРЕКОВ

ТЕОРИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ
ЧАСТЬ 1

Рекомендовано Ученым советом государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Оренбургский государственный университет» в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по программам высшего профессионального образования по специальности 140604 - Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов

Оренбург
ИПКГОУОГУ
2009

УДК 62-83 (075 8)
ББК 31.291 Я 73
К 88

Рецензент

доктор технических наук, профессор А.Я. Микитченко

Кувшинов А.А.
К 88 Теория электропривода: конспект лекций: в 2 ч. /
А.А. Кувшинов, Э.Л. Греков. – Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ, 2009.
Ч. 1, 2009. - 197 с.

ISBN

Учебное пособие предназначено для студентов электротехнических специальностей очной и заочной форм обучения, изучающих дисциплину «Теория электропривода», «Основы электропривода» и «Электрический привод».

ББК 31.291 Я 73

К $\frac{2202090100}{6Л9-09}$

ISBN

© Кувшинов А.А., 2009
© Греков Э.Л., 2009
© ГОУ ОГУ, 2009

Содержание

Введение	6
1 Механика электропривода.....	13
1.1 Механические звенья	13
1.2 Механические характеристики	15
1.3 Типовые статические нагрузки электропривода.....	16
1.4 Расчетные схемы механической части электропривода	21
1.4.1 Приведение механических координат электропривода к скорости (валу) двигателя	22
1.4.2 Составление расчетных схем механической части электропривода.....	24
1.5 Уравнения движения электропривода	29
1.5.1 Уравнения движения электропривода с линейными механическими связями.....	29
1.5.2 Уравнения движения электропривода с нелинейными механическими связями.....	32
1.5.3 Режимы работы электропривода	34
1.6 Механическая часть электропривода как объект управления.....	35
1.7 Механические переходные процессы электропривода	40
1.8 Динамические нагрузки электропривода	47
1.9 Выводы по главе	53
1.10 Литература, рекомендуемая для изучения	54
2 Свойства электромеханических преобразователей постоянного тока..	55
2.1 Математическое описание процессов преобразования энергии в двигателе с независимым возбуждением	55
2.2 Статические свойства двигателя с независимым возбуждением	60
2.2.1 Естественные и искусственные характеристики двигателя с независимым возбуждением	60
2.2.2 Тормозные режимы двигателя с независимым возбуждением.....	67
2.3 Динамические свойства электромеханического преобразователя с независимым возбуждением	74
2.4 Математическое описание процессов преобразования энергии в двигателе с последовательным возбуждением.....	81
2.5 Статические свойства двигателя с последовательным возбуждением	83
2.5.1 Естественные и искусственные характеристики двигателя с последовательным возбуждением.....	83
2.5.2 Тормозные режимы двигателя с последовательным возбуждением.....	89

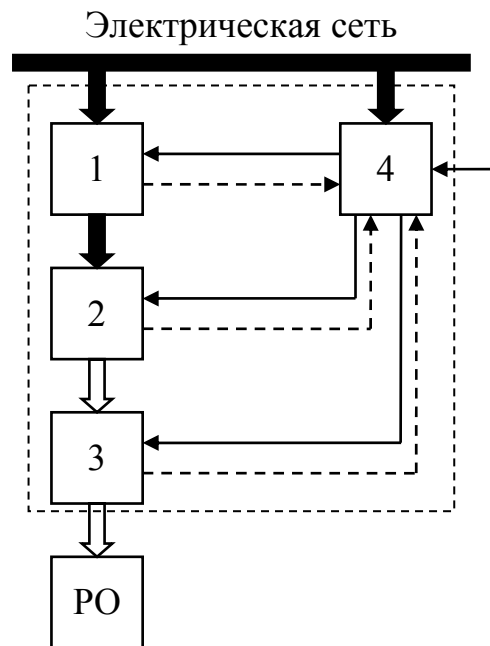
2.6	Динамические свойства электромеханического преобразователя с последовательным возбуждением.....	94
2.7	Статические характеристики двигателя постоянного тока со смешанным возбуждением.....	97
2.8	Выводы по главе	100
2.9	Литература, рекомендуемая для изучения	101
3	Свойства электромеханических преобразователей переменного тока	102
3.1	Статические свойства асинхронного двигателя	103
3.1.1	Естественная механическая характеристика асинхронного двигателя.	110
3.1.2	Искусственные статические характеристики асинхронного двигателя.	112
3.1.3	Особенности статических характеристик асинхронного короткозамкнутого двигателя.	116
3.1.4	Тормозные режимы асинхронного двигателя.	118
3.2	Динамические свойства асинхронного электромеханического преобразователя при питании от источника напряжения.....	122
3.3	Статические характеристики и динамические свойства асинхронного электромеханического преобразователя при питании от источника тока.....	126
3.4	Динамическое торможение асинхронного двигателя с независимым возбуждением	133
3.5	Статические свойства синхронного двигателя.....	135
3.6	Пусковые и тормозные режимы синхронного двигателя	140
3.7	Динамические свойства синхронного двигателя	142
3.8	Регулирование реактивной мощности синхронного двигателя	145
3.9	Шаговый режим работы синхронного электромеханического преобразователя	148
3.10	Выводы по главе	150
3.11	Литература, рекомендуемая для изучения	153
4	Расчет мощности и выбор электродвигателей	154
4.1	Общие положения.....	154
4.2	Потери энергии в установившихся режимах работы электропривода	154
4.3	Потери энергии в переходных режимах работы электропривода	160
4.3.1	Переменные потери энергии в электроприводах с нерегулируемой скоростью идеального холостого хода	161
4.3.2	Потери энергии в электроприводах со ступенчатым регулированием скорости идеального холостого хода	163

4.3.3	Потери энергии в электроприводах с плавным изменением скорости идеального холостого хода.....	164
4.3.4	Полные потери энергии в электроприводе с учетом статической нагрузки.....	166
4.4	Нагревание и охлаждение двигателей	167
4.5	Нагрузочные диаграммы электроприводов	170
4.5.1	Нагрузочные диаграммы механизмов непрерывного действия.....	171
4.5.2	Нагрузочные диаграммы механизмов циклического действия	174
4.6	Номинальные режимы работы двигателя	175
4.7	Расчет мощности двигателя при продолжительном режиме работы..	179
4.7.1	Постоянная нагрузка (режим S1).....	179
4.7.2	Переменная нагрузка (режимы S6, S7, S8).....	180
4.8	Расчет мощности двигателя при кратковременном режиме работы S2184	
4.9	Расчет мощности двигателя при повторно-кратковременном режиме работы S3, S4, S5	188
4.10	Допустимая частота включений асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором	190
4.11	Выводы по главе	194
4.12	Литература, рекомендуемая для изучения	195
	Список использованных источников.....	197

Введение

Электрическим приводом называется электромеханическая система, состоящая в общем случае из взаимодействующих преобразователей электроэнергии, электромеханических и механических преобразователей, управляющих и информационных устройств и устройств сопряжения с внешними электрическими, механическими, управляющими и информационными системами, предназначенная для приведения в движение исполнительных органов рабочей машины и управления этим движением в целях осуществления технологического процесса (ГОСТ Р 50369-92).

Ниже приведена структурная схема электрического привода, где показано взаимодействие преобразовательного 1, электродвигательного 2, передаточного 3 и управляющего 4 устройств для приведения в движение рабочего органа машины РО.



Рисунок

Преобразовательное устройство является согласующим звеном между электрической сетью и двигателем и управляет потоком электрической энергии для регулирования режимов работы двигателя и механизма. Оно представляет собой энергетическую исполнительную часть системы управления электроприводом.

Электродвигательное устройство – это различные выпускаемые электротехнической промышленностью двигатели, отличающиеся по принципу действия, роду тока, исполнению, степени защищенности и т.п.

Передающее устройство является согласующим звеном между двигателем и рабочим органом исполнительного механизма и содержит механические передачи и соединительные муфты, которые передают вырабатываемую электрическим двигателем механическую энергию исполнительному механизму.

Управляющее устройство предназначено для фиксации и обработки поступающей информации о задающих воздействиях и состоянии электромеханической системы и выработки сигналов управления преобразовательным, электродвигательным и передающим устройствами. Оно представляет собой информационную слаботочную часть системы управления электроприводом.

Электрический привод, как техническое устройство, появился тогда, когда основным источником механической энергии являлся паровой двигатель. Поэтому на первых порах электрический двигатель просто заменял паровую машину, приводящую в движение трансмиссии завода или цеха. Такая замена была прогрессивна, так как появлялась возможность централизованного производства электрической энергии и распределения ее по предприятиям с помощью электрической сети.

Следующим шагом в развитии электропривода явилась установка электрических двигателей на каждую рабочую машину. Но в случае, если рабочая машина имела несколько исполнительных механизмов, распределение механической энергии между ними производилось при помощи кинематических передач. Таким образом, функции электропривода в обоих случаях одинаковы: преобразовывать электрическую энергию в механическую и приводить в движение исполнительные механизмы.

Такие электроприводы, когда от одного электрического двигателя приводятся в движение несколько рабочих машин или несколько исполнительных механизмов одной машины, называются **групповыми электроприводами**.

Групповые электроприводы предприятий и цехов были быстро вытеснены более совершенными групповыми электроприводами рабочих машин, которые применяются до сих пор. Рабочие машины с такими электроприводами имеют сложную кинематику, снижающую точность выполнения технологических процессов и надежность оборудования. Но основным недостатком таких электроприводов является невозможность всестороннего управления технологическим процессом рабочей машины с несколькими рабочими органами из-за механической связи между ними. Все это привело к замене группового электропривода индивидуальным.

Индивидуальным электроприводом называется такой электропривод, когда каждый рабочий орган машины приводится в движение от-