

УДК 62-83-52.001.5(075.8)

ББК 31.291я73

Т35

Терёхин В.Б.

Т35 Компьютерное моделирование систем электропривода постоянного и переменного тока в Simulink: учебное пособие / В.Б. Терёхин, Ю.Н. Дементьев; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 307 с.

В пособии излагаются принципы моделирования различных элементов систем электропривода постоянного и переменного тока в Simulink. Рассматриваются особенности моделирования сложных систем электропривода с учётом нелинейностей и различного рода возмущающих факторов. Приводятся результаты исследования наиболее типичных и важных режимов работы электропривода. Даются рекомендации по технике моделирования. В отличие от аналогичных изданий, к данному пособию прилагается компакт-диск с моделями, на которые в работе сделаны ссылки. Наличие готовых моделей позволяет обеспечить необходимый набор технической и методологической информации, а также теоретических положений и практических навыков для выполнения самостоятельных исследований и расчетов систем автоматизированного электропривода постоянного и переменного тока, применяемых в промышленности.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлению 140400 «Электроэнергетика и электротехника» и специальности 140604 «Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов» Института дистанционного образования, а также для специалистов, занимающихся проектированием и эксплуатацией регулируемых электроприводов постоянного и переменного тока.

УДК 62-83-52.001.5(075.8)

ББК 31.291я73

Рецензенты

Доктор технических наук, профессор кафедры конструирования
электронно-вычислительной аппаратуры

Томского университета систем управления и радиоэлектроники

В.А. Бейнарович

Доктор технических наук, профессор
заместитель главного конструктора ОАО «НПЦ “Полюс”»

Ю.М. Казанцев

© ФГБОУ ВПО НИ ТПУ, 2013

© Терёхин В.Б., Дементьев Ю.Н., 2013

© Оформление. Издательство Томского
политехнического университета, 2013

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	7
1. Моделирование элементов электропривода постоянного тока	9
1.1. Машина постоянного тока.....	9
1.1.1. Исследования модели машины в Simulink	9
1.1.2. Модернизированная модель двигателя постоянного тока.....	25
1.2. Машина переменного тока (асинхронная).....	40
1.2.1. Математическое описание обобщенной асинхронной машины	40
1.2.2. Определение параметров схемы замещения асинхронной машины по данным каталога.....	57
1.2.3. Исследование модели асинхронного двигателя в Simulink	64
1.2.4. Исследование модернизированной модели асинхронного двигателя в Simulink	69
1.2.5. Разработка структуры асинхронного двигателя в Simulink	76
1.3. Нереверсивные тиристорные преобразователи.....	94
1.3.1. Двухфазный тиристорный преобразователь	94
1.3.2. Нереверсивный мостовой трёхфазный тиристорный преобразователь.....	100
1.3.3. Нереверсивный нулевой трёхфазный тиристорный преобразователь.....	117
1.4. Реверсивные тиристорные преобразователи с совместным управлением	120
1.4.1. Реверсивный двухфазный тиристорный преобразователь с совместным управлением	120
1.4.2. Реверсивный трёхфазный тиристорный преобразователь с совместным управлением	122
1.4.3. Реверсивный трёхфазный тиристорный преобразователь с совместным управлением по нулевой схеме.....	125
1.5. Реверсивные тиристорные преобразователи с раздельным управлением.....	126
1.5.1. Модель логического переключающего устройства	126

1.5.2.	Модель датчика состояния тиристоров	129
1.5.3.	Модель переключателя характеристик (полярности сигнала)	130
1.5.4.	Реверсивный двухфазный тиристорный преобразователь с раздельным управлением	131
1.5.5.	Реверсивный трёхфазный тиристорный преобразователь с раздельным управлением	133
1.6.	Транзисторные широтно-импульсные преобразователи для управления двигателями постоянного тока	137
1.6.1.	Симметричный способ управления	137
1.6.2.	Несимметричный способ управления	142
1.7.	Преобразователи частоты (автономные инверторы)	145
1.7.1.	Разомкнутый способ реализации ШИМ	145
1.7.2.	Замкнутый способ реализации ШИМ (токовый коридор)	148
2.	Электроприводы постоянного тока	153
2.1.	Разомкнутые	153
2.1.1.	Автоматическое управление в функции времени	153
2.1.2.	Автоматическое управление в функции скорости	157
2.1.3.	Автоматическое управление в функции тока	157
2.2.	Замкнутые нереверсивные	159
2.2.1.	Тиристорные электроприводы	159
2.2.2.	Транзисторные электроприводы	163
2.3.	Замкнутые реверсивные	175
2.3.1.	Тиристорные электроприводы с совместным управлением по нулевой схеме включения	175
2.3.2.	Тиристорные электроприводы с раздельным управлением	182
3.	Разомкнутые электроприводы переменного тока	193
3.1.	Мягкие частотный пуск и остановка асинхронного двигателя	193
4.	Частотно-токовый электропривод с векторным управлением	197
4.1.	Общие положения	197
4.2.	Математическое описание векторного управления двигателем	199
4.3.	Оптимизация и имитационное исследование в Simulink контура тока	207

4.3.1.	Расчёт параметров регулятора тока при идеальном источнике тока.....	207
4.3.2.	Исследование влияния насыщения регулятора, квантования сигнала токовой обратной связи по уровню и времени	212
4.3.3.	Исследование влияния реальных свойств преобразователя частоты на статические и динамические свойства контура тока	215
4.4.	Оптимизация и имитационное исследование в Simulink контура потока	219
4.4.1.	Расчёт параметров регулятора потока при идеальном источнике тока.....	219
4.4.2.	Исследование влияния насыщения регулятора, квантования и задержки сигнала обратной связи, способа реализации источника тока	222
4.5.	Оптимизация и имитационное исследование в Simulink контура скорости	227
4.5.1.	Расчёт параметров регулятора скорости при идеальном источнике тока.....	227
4.5.2.	Исследование влияния насыщения регуляторов, квантования и запаздывания сигнала обратной связи.....	231
4.5.3.	Исследование влияния способа реализации источника тока (инвертора)	238
4.6.	Имитационное моделирование структуры электропривода переменного тока с векторным управлением.....	242
4.6.1.	Моделирование в Simulink при реализации инвертора с широтно-импульсным управлением.....	242
4.6.2.	Моделирование в Simulink при реализации инвертора с релейным управлением	249
4.6.3.	Моделирование структуры электропривода с векторным управлением с выводом тока статора в неподвижной системе координат	254
5.	Виртуальный электропривод переменного тока с векторным управлением.....	257
5.1.	Разработка на основе инвертора с широтно-импульсной модуляцией	257
5.1.1.	Реализация источника питания инвертора в виде батареи.....	257

5.1.2. Реализация источника питания инвертора в виде выпрямителя	267
5.2. Разработка на основе инвертора с релейным управлением	272
5.2.1. Реализация источника питания инвертора в виде батареи.....	272
5.2.2. Реализация источника питания инвертора в виде выпрямителя	281
5.3. Моделирование вторичного источника питания – сетевого инвертора	287
5.3.1. Постановка задачи	287
5.3.2. Моделирование сетевого инвертора	294
5.3.3. Моделирование системы «сетевой инвертор – электропривод переменного тока».....	302
Список литературы.....	306