

УДК 681.5:001.891.57(075.8)

ББК 32.973.26-018я73

Т76

Рецензенты:

кафедра общих профессиональных дисциплин Уральского технического института связи и информатики (филиал) ГОУ ВПО «Сибирского государственного университета телекоммуникаций и информатики», протокол № 2 от 21.11.2013 г. (завкафедрой доц., канд. техн. наук *Н. В. Будылдина*); научный сотрудник лаборатории высокотемпературных измерений Института теплофизики УрО РАН доц., канд. физ.-мат. наук *А. А. Старостин*

Научный редактор – доц., канд. техн. наук *Е. Э. Страшинин*

**Трофимов, С. П.**

Т76 Идентификация и синтез регуляторов для неустойчивого нелинейного объекта стенда «Магнитная левитация» : учебно-методическое пособие / С. П. Трофимов, И. Н. Мошкин, О. Г. Трофимова. — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2014. — 120 с.

ISBN 978-5-7996-1255-9

Учебно-методическое пособие посвящено программно-инструментальному комплексу «Магнитная левитация» по дисциплине «Теория автоматического управления» и может применяться в рамках лабораторного практикума, курсового проектирования, подготовки выпускной квалификационной работы студента. Основное внимание уделено идентификации и синтезу регуляторов неустойчивого нелинейного объекта с использованием пакета MATLAB.

Предназначено для студентов, обучающихся по дисциплинам Б3.Б.08 и М2.В.08.01.

Библиогр.: 9 назв. Табл. 2. Рис. 68.

УДК 681.5:001.891.57(075.8)

ББК 32.973.26-018я73

ISBN 978-5-7996-1255-9

© Уральский федеральный университет, 2014

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ПРЕДИСЛОВИЕ</b> .....	3
<b>1. БЕЗОПАСНОСТЬ И ПРАВИЛА РАБОТЫ В ЛАБОРАТОРИИ</b> .....	5
1.1. Создание личной папки для работы со стендом.....	5
1.2. Общие рекомендации по безопасности.....	6
1.3. Порядок запуска системы управления в режиме реального времени.....	7
<b>2. КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ СТЕНДА И ЕГО ВОЗМОЖНОСТЕЙ</b> .....	8
2.1. Общие сведения о магнитной левитации .....	8
2.2. Описание установки .....	10
2.3. Аналогово-контрольный интерфейс 33-301 .....	12
2.4. Функциональная схема .....	13
2.5. Принцип работы установки .....	17
2.6. Рекомендации по базовому подключению стенда .....	18
<b>3. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ</b> .....	20
3.1. Уравнения, описывающие установку .....	20
3.2. Линеаризация .....	21
3.3. Приведение линеаризованных уравнений к форме Коши.....	23

<b>4. МЕТОДИКА НАСТРОЙКИ ЦИФРОВЫХ РЕГУЛЯТОРОВ .....</b>	<b>25</b>
4.1. Возможности управления установкой.....	25
4.2. Выбор типа регулятора .....	33
4.3. Выбор параметров ПИ-регулятора .....	33
<b>5. ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ОБЪЕКТА .....</b>	<b>37</b>
5.1. Организация массива данных.....	38
5.2. Идентификация параметров передаточной функции объекта .....	40
5.3. Идентификация параметров передаточной функции объекта с указанием порядков числителя и знаменателя.....	44
5.3.1. Использование метода ARX.....	44
5.3.2. Использование метода ОЕ.....	47
5.4. Идентификация матриц управлений объекта в пространстве состояний.....	48
5.4.1. Использование вкладки State Space: n [nk].....	48
5.4.2. Использование вкладки By Initial Model.....	52
5.5. Идентификация с использованием структурной параметризации .....	53
5.6. Идентификация параметров нелинейной модели .....	56
<b>6. ПРОГРАММНО-ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТЕНДА .....</b>	<b>71</b>
6.1. Нелинейная модель .....	74
6.2. Линеаризованная модель Maglev .....	78
6.3. Идентификация параметров, связывающих движение шарика с управляющим напряжением.....	81
6.4. Управление положением шарика с помощью ПД-регулятора.....	87
6.5. Управление положением шарика с помощью ПД-регулятора в режиме реального времени .....	93
6.6. Управление положением шарика с помощью ПИД-регулятора в режиме реального времени.....	95

6.7. WMV-модель управления положением шарика .....	96
6.8. WMV-модель управления положением шарика в режиме реального времени .....	100
6.9. Управление положением шарика с помощью встроенного регулятора .....	101
6.10. Обеспечение движения шарика по траектории, задаваемой внешним воздействием .....	103
<b>7. ПРОВЕДЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТОВ И АНАЛИЗ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СО СЛУЧАЙНЫМИ ВОЗДЕЙСТВИЯМИ.....</b>	<b>106</b>
7.1. Проверка статистической гипотезы для средних значений результатов экспериментальных исследований.....	106
7.2. Проверка статистической гипотезы для дисперсий результатов экспериментальных исследований.....	108
7.3. Проверка статистической гипотезы для корреляционных коэффициентов результатов экспериментальных исследований.....	109
7.4. Проверка статистической гипотезы о случайности и оценка резко выделяющихся наблюдений результатов экспериментальных исследований .....	110
7.5. Корреляционный анализ результатов экспериментальных исследований .....	111
7.6. Регрессионный анализ результатов экспериментальных исследований .....	112
7.7. Дисперсионный анализ результатов экспериментальных исследований .....	113
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>	<b>114</b>
<b>БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....</b>	<b>115</b>