

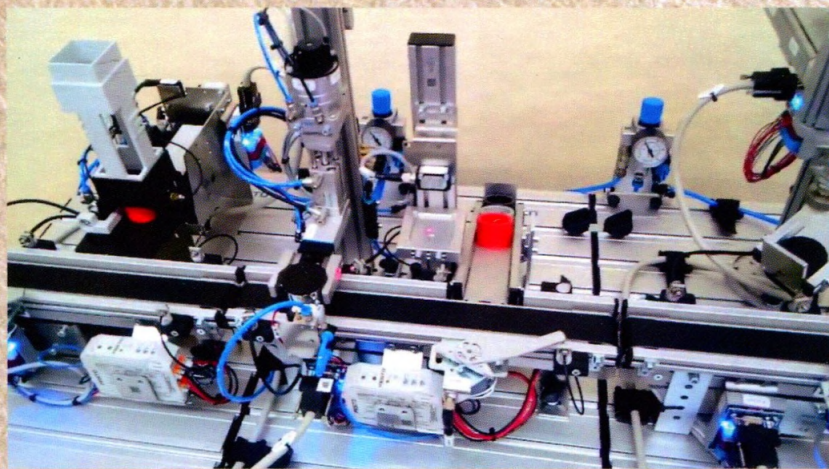
621.385
К 84

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«ХАРЬКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ»

Г. А. Крутиков, Ю. Л. Атаманов, М. Г. Стрижак

**ТЕОРИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ
ПНЕВМАТИЧЕСКИХ СИЛОВЫХ КОНТУРОВ
МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ**

монография



Харьков
2019

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«ХАРЬКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ»

Г. А. Крутиков, Ю. Л. Атаманов, М. Г. Стрижак

**ТЕОРИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ
ПНЕВМАТИЧЕСКИХ СИЛОВЫХ КОНТУРОВ
МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ**

Монография

Под редакцией доктора технических наук, проф. Крутикова Г. А.

Харьков

2019

УДК 62-82 (075)

К 84

Рекомендовано к печати Ученым советом Национального технического университета «Харьковский политехнический институт» (протокол № 1 от 27 января 2017 г.).

Рецензенты:

Г. И. Канюк, д-р техн. наук, профессор, Украинская инженерно-педагогическая академия (г. Харьков);

З. Я. Лурье, д-р техн. наук, профессор, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт» (г. Харьков);

Крутиков Г. А.

К 84 Теория и проектирование пневматических приводов дискретного действия : монография / Г. А. Крутиков, Ю. Л. Атаманов, М. Г. Стрижак ; под ред. Г. А. Крутикова. – Харьков : ФЛП Панов А.Н., 2019. – 300 с.: ил. – На русском языке.

ISBN 978-617-7722-72-3

Предложены новые способы торможения и позиционирования рабочих органов пневмоприводов, позволяющие существенно снизить энергозатраты, а также расширить область применения пневмоприводов в сторону значительного увеличения инерционных нагрузок. Обоснована стратегия адаптивного управления дискретным многопозиционным пневмоприводом с использованием режима самообучения. Разработанные способы управления пневмоприводом предполагают использование его в составе мехатронных систем и ориентированы на цифровое компьютерное управление.

Для аспирантов, инженеров и научных сотрудников.

Ил. 120. Табл. 14. Библиогр. назв. 121.

УДК 62-82 (075)

ISBN 978-617-7722-72-3

© Крутиков Г. А.; Атаманов Ю. Л.;
Стрижак М. Г., 2019.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ГАЗОДИНАМИЧЕСКИЕ И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАСЧЕТА ПНЕВМОПРИВОДА.....	6
1.1. Термодинамические процессы при постоянном количестве газа.....	7
1.2. Термодинамические процессы при переменном количестве газа (термодинамика тела переменной массы).....	15
1.3. Уравнение движения газа в проточных трактах пневмопривода.....	22
2. РАЗОМКНУТЫЕ ДВУХПОЗИЦИОННЫЕ ПНЕВМОПРИВОДЫ.....	37
2.1. Типовая схема пневмопривода двухстороннего действия.....	37
2.2. Циклограмма работы типового двухстороннего пневмопривода.....	38
2.3. Нелинейная математическая модель двухстороннего пневмопривода.....	40
2.4. Математическая модель пневмопривода в безразмерной форме.....	43
2.5. Линейная математическая модель дискретного пневмопривода.....	47
2.5.1. Выбор рационального способа линеаризации нелинейных зависимостей в математической модели пневмопривода.....	49
2.5.2. Линейная модель 3-го порядка для дискретного пневмопривода.....	54
2.5.3. Линейная модель 2-го порядка для дискретного пневмопривода.....	57
2.6. Энергетические характеристики дискретных пневмоприводов.....	63

3.	ИНЖЕНЕРНАЯ МЕТОДИКА ДИНАМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ТИПОВОГО ДВУХСТОРОННЕГО ПНЕВМОПРИВОДА.....	68
3.1.	Расчет коммуникационных линий пневмопривода.....	68
3.2.	Расчет времени срабатывания типового двухстороннего пневмопривода с помощью графиков области основных критериев динамического подобию β , χ , и Ω	76
4.	ДИНАМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ ДИСКРЕТНЫХ ПНЕВМОПРИВОДОВ.....	80
4.1.	Расчет пневмоприводов с установившейся скоростью движения.....	80
4.2.	Синтез пневмопривода с внешним тормозным дросселем.	88
5.	ПНЕВМОПРИВОДЫ С ТОРМОЖЕНИЕМ РАБОЧЕГО ОРГАНА ЗА СЧЕТ ИЗМЕНЕНИЯ СТРУКТУРЫ КОММУТАЦИОННЫХ СВЯЗЕЙ.....	96
5.1.	Классификация схем торможения за счет изменения структуры коммутационных связей.....	96
6.	ОСОБЕННОСТИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПНЕВМОПРИВОДОВ С ТОРМОЖЕНИЕМ РАБОЧЕГО ОРГАНА ПУТЕМ ИЗМЕНЕНИЯ СТРУКТУРЫ КОММУТАЦИОННЫХ СВЯЗЕЙ.....	117
6.1.	Универсальная математическая модель пневмопривода с торможением рабочего органа путем изменения структуры коммутационных связей.....	117
6.2.	Особенности расчета энергетических характеристик.....	123
6.3.	Определение оптимального тормозного пути при торможении за счет изменения структуры коммутационных связей.....	126
7.	СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДИНАМИЧЕСКИХ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПНЕВМОПРИВОДОВ С ТОРМОЖЕНИЕМ ПУТЕМ ИЗМЕНЕНИЯ СТРУКТУРЫ КОММУТАЦИОННЫХ СВЯЗЕЙ.	132

7.1.	Анализ рабочих процессов в пневмоприводах с разными схемами торможения.....	132
7.2.	Выбор рационального способа торможения и инженерная методика его расчета.....	143
7.3.	Анализ энергопотерь и выбор энергосберегающей структуры пневмопривода с торможением за счет изменения структуры коммутационных связей.....	150
7.4.	Определение области рационального использования энергосберегающих структур пневмоприводов с торможением за счет изменения структуры коммутационных связей.....	173
7.5.	Экспериментальное исследование пневмопривода с торможением путем изменения структуры коммутационных связей.....	181
8.	СВОБОДНОПРОГРАММИРУЕМЫЙ ПНЕВМОПРИВОД НА ОСНОВЕ СХЕМ С ТОРМОЖЕНИЕМ ПУТЕМ ИЗМЕНЕНИЯ СТРУКТУРЫ КОММУТАЦИОННЫХ СВЯЗЕЙ	188
8.1.	Обоснование стратегии адаптивного управления, основанного на самообучении пневмопривода.....	189
8.1.1.	Упрощенное описание релейного пневмопривода как объекта управления.....	191
8.1.2.	Синтез оптимального по быстродействию регулятора для дискретного пневмопривода.....	195
8.1.3.	Выбор закона управления релейного пневмопривода методом корневого годографа.....	198
8.1.4.	Выбор оптимального режима позиционирования дискретного пневмопривода с помощью режима самообучения.....	206
8.2.	Выбор рациональной структуры многопозиционного пневмопривода с дискретным управлением, обеспечивающей режим самообучения.....	211
8.3.	Универсальная математическая модель для многопозиционного пневмопривода с дискретным управлением.....	221

9.	ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНО-НАСТРОЕЧНЫХ ПАРАМЕТРОВ, АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ И СХЕМЫ МНОГОПОЗИЦИОННОГО ПНЕВМОПРИВОДА НА ЕГО ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ.....	226
9.1.	Влияние структуры многопозиционного пневмопривода и алгоритма управления на энергетические характеристики.....	226
9.2.	Выбор структуры, рационального алгоритма управления и параметров пневмопривода исходя из требований точности позиционирования, устойчивости и быстрой адаптации.....	230
9.2.1	Влияние алгоритма управления ПП на процесс позиционирования.....	231
9.2.2	Чувствительность ПП с разными алгоритмами к изменению условий функционирования.....	236
9.2.3	Влияние настроек ПП на процесс позиционирования.....	243
9.2.4	Влияние временного запаздывания в системе управления на процесс позиционирования ПП.....	249
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	259
	Приложение А.....	267
	Приложение Б.....	271
	Приложение В.....	277
	Список литературы.....	285
	Содержание.....	295