

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«Харьковский политехнический институт»

А. А. Прохоренко

**АВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ
ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ**

Учебное пособие

Харьков
2014

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«Харьковский политехнический институт»

А. А. Прохоренко

**АВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ
ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ**

Учебное пособие

Утверждено
редакционно-издательским
советом университета,
протокол № 1 от 04.06.2014 г.

Х а р ь к о в
Пщручник НТУ «ХПИ»
2 0 1 4

УДК 681.5:621.432

ББК 31.365

П68

Р е ц е н з е н т ы :

Ф. И. Абрамчук, д-р техн. наук, проф., ХНАДТУ
С. В. Епифанов, д-р техн. наук, проф., НАУ «ХАИ»

У навчальному посібнику розглянуті властивості двигунів як регульованих об'єктів, докладно описані принципи дії різних регуляторів частоти обертання. Особливу увагу приділено математичному опису та аналізу стійкості систем автоматичного регулювання дизеля.

Призначено для студентів очної та заочної форм навчання освітньо-кваліфікаційного напрямку підготовки «Машинобудування» за спеціалізацією 6.050503-02 - Двигуни внутрішнього згоряння.

Прохоренко А. А.

П68 Автоматическое регулирование двигателей внутреннего сгорания : учеб. пособие / А. А. Прохоренко. - Х. : Изд-во «Підручник НТУ «ХПІ», 2014. - 102 с. - На рус. яз.

ISBN 978-617-687-024-1

В учебном пособии рассмотрены свойства двигателей как регулируемых объектов, подробно описаны принципы действия различных регуляторов частоты вращения. Особое внимание уделено математическому описанию и анализу устойчивости систем автоматического регулирования дизеля.

Предназначено для студентов очной и заочной форм обучения образовательного-квалификационного направления подготовки «Машиностроение» по специальности 6.050503-02 - Двигатели внутреннего сгорания.

Ил. 57. Табл. 1. Библиогр.: 8 назв.

УДК 681.5:621.432
ББК 31.365

ISBN 978-617-687-024-1

© А. А. Прохоренко, 2014
© Изд-во «Підручник НТУ «ХПІ», 2014

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	5
1. Краткие исторические сведения и основные понятия теории автоматического регулирования тепловых двигателей.....	6
1.1. Исторический очерк.....	7
1.2. Динамическая система «двигатель-нагрузка».....	8
1.3. Обоснование необходимости автоматического регулирования двигателей разных типов.....	12
1.4. Функциональная схема и основные свойства САР частоты вращения.....	14
1.5. Принципы осуществления процесса регулирования.....	16
1.6. Классификация регуляторов частоты вращения.....	17
2. Регуляторы частоты вращения прямого действия.....	19
2.1. Предельный регулятор.....	19
2.2. Однорежимный регулятор.....	20
2.3. Двухрежимный регулятор.....	21
2.4. Всережимный регулятор с переменной предварительной затяжкой пружины.....	23
2.5. Всережимный регулятор с постоянной предварительной затяжкой пружины.....	25
2.6. Пневматический регулятор частоты вращения.....	26
2.7. Гидравлический регулятор прямого действия.....	26
3. Статика механических чувствительных элементов.....	29
3.1. Типы механических ЧЭ регуляторов частоты вращения.....	29
3.2. Восстанавливающая сила.....	30
3.3. Поддерживающая сила.....	33
3.4. Статические характеристики механического ЧЭ.....	36
3.5. Фактор устойчивости.....	38
3.6. Степень неравномерности регулятора.....	40
3.7. Степень нечувствительности регулятора.....	42
4. Динамика регуляторов прямого действия.....	46
4.1. Переходный процесс.....	46

4.2. Требования к САР частоты вращения и особенности ее работы	49
4.3. Задачи динамики САР.....	50
4.4. Общие сведения о составлении уравнений движения элементов САР.....	50
4.5. Уравнение двигателя как объекта регулирования.....	51
4.6. Уравнение ЧЭ регулятора.....	54
4.7. Уравнение рычажного механизма.....	58
5. Регуляторы непрямого действия.....	62
5.1. Классификация регуляторов непрямого действия.....	62
5.2. Автоматический регулятор непрямого действия без обратной связи.....	63
5.3. Автоматические регуляторы непрямого действия с обратной связью.....	64
5.4. Гидравлические усилители регуляторов непрямого действия.....	69
5.5. Статический расчет регулятора непрямого действия.....	72
6. Динамика сервомоторов.....	76
6.1. Уравнение движения сервомотора без ОС.....	76
6.2. Уравнение движения сервомотора с кинематической ЖОС.....	78
6.3. Уравнение регулятора непрямого действия с силовой ЖОС.....	80
7. Устойчивость САР с регулятором прямого действия.....	83
7.1. Характеристическое уравнение САР с регулятором прямого действия.....	84
7.2. Критерий устойчивости Рауса-Гурвица.....	86
7.3. Диаграмма Вышнеградского.....	87
7.4. Анализ влияния на устойчивость САР параметров регулятора.....	91
8. Дополнительные устройства автоматических регуляторов.....	93
8.1. Корректоры внешней скоростной характеристики.....	93
8.2. Автоматическое регулирование угла опережения подачи топлива.....	96
8.3. Объединенный регулятор мощности и частоты вращения.....	98