

УДК 658.5:66
ББК 32.965
И 28

Ившин, В.П.

Интеллектуальная автоматика в курсовых и дипломных проектах: учебное пособие (Том 1)/ В.П.Ившин, М.Ю.Перухин, И.А.Дюдина, А.В.Фафурин - Казань., Изд-во Казан. гос. технол. ун-та, 2010. - 277 с.

ISBN 978-5-7882-0965-4

Учебное пособие предоставляет студентам алгоритм самостоятельных действий по усвоению материала. Пособие содержит около 100 функциональных схем контроля и регулирования технологических параметров и будет, несомненно, полезно студентам всех форм обучения, изучающих дисциплину СУХТП, при выполнении ими дипломных (курсовых) проектов и дипломных работ.

Подготовлено на кафедре «Автоматизированные системы сбора и обработки информации» (АССОИ).

Табл.24. Ил.272 Библиогр. назв.: 33

Печатается по решению редакционно-издательского совета Казанского государственного технологического университета

Рецензенты: Начальник НИО-16 ФГУП ВНИИР, к.т.н. В.М. Красавин
Профессор кафедры спецдвигателей КГТУ (КАИ) А.С. Черенков

ISBN 978-5-7882-0965-4

©Ившин В.П., Перухин М.Ю.,
Дюдина И.А., Фафурин А.В., 2010
© Казанский государственный
технологический университет, 2010

Содержание

	стр.
Предисловие	3
Введение	3
Классификация технологических процессов по характеру процесса	3
Классификация технологических процессов в зависимости от поставленных задач	4
Использование промышленных роботов в производственном процессе	4
Классификация промышленных роботов по типу систем управления	6
ГЛАВА 1. Система автоматического контроля (САК) технологических параметров	10
Технические средства контроля технологических параметров	10
§1. Некоторые понятия метрологии (науки об измерениях)	10
Классификация измерений по способу получения результата на прямые, косвенные и совокупные	10
Классификация погрешностей измерений	11
Средства измерений. Классификация средств измерения <i>по виду</i>	12
Классификация средств измерений <i>по назначению и по роли</i> в процессе измерения	13
Классификация измерительных преобразователей	13
Классификация измерительных приборов по способу отсчета показаний ..	14
Чувствительность измерительного прибора и цена деления шкалы	15
Градуировочная характеристика средств измерения	16
Градуировка приборов	16
Погрешности средств измерений. Погрешность меры	16
Погрешность измерительного прибора	16
Погрешность измерительного устройства	19
§2. Общие сведения о Государственной системе приборов и средств автоматизации (ГСП)	20
§3. Структурная схема системы автоматического контроля (САК)	21
§4. Теплоэнергетические параметры (давление, температура, расход, уровень)	23
4.1. Контроль давления	23
Определение понятия «давление» и соотношение между единицами давления	23
Классификация приборов для измерения давления по виду измеряемого давления	24
4.1.1. Классификация приборов для измерения давления по принципу действия	24
4.1.1.1. Жидкостные манометры	25
4.1.1.2. Деформационные манометры	25
Классификация пружинных приборов для измерения давления по типу чувствительного элемента	25
Устройство, принцип действия и область применения приборов с упругими чувствительными элементами	26
Манометры с одновитковой трубчатой пружиной	26
Манометры с многовитковой трубчатой пружиной	27

Мембранный манометр	27
Манометр с сильфонным чувствительным элементом	28
Возможные источники систематических погрешностей приборов с упругим чувствительным элементом	29
Устройство и принцип действия грузопоршневого манометра МП -60	29
4.1.1.3. Электрические манометры	30
Классификация измерительных преобразователей давления	30
Классификация электрических манометров	32
Емкостной манометр	32
Пьезоэлектрические датчики	33
Пьезорезистивный датчик давления	34
Манометр сопротивления	35
Проволочный тензодатчик	36
Фольговые тензодатчики	37
Пленочные тензодатчики	39
Ионизационный манометр	40
Резонансный метод	40
Индуктивный метод	40
4.1.2. Электрические датчики давления «Сапфир»	41
Устройство и принцип действия датчика <i>избыточного</i> давления «Сапфир-22 ДИ»	42
Тензорезисторный измерительный преобразователь <i>разности давлений</i> «Сапфир»	43
Интеллектуальные датчики давления ЗАО «Промышленная группа «МЕТРАН»	44
Интеллектуальные датчики давления серии Метран – 150	45
Характеристики датчиков давления Метран-150	45
Устройство и принцип действия микроэлектронных датчиков давления «МИДА»	47
Микроэлектронный датчик избыточного давления МИДА–ДИ–13П ..	48
Реле давления – РД	49
4.2. Контроль температуры	50
Температурные шкалы	50
4.2.1. Классификация приборов контроля температуры	51
4.2.1.1. Термометры расширения	52
Жидкостные термометры	52
4.2.1.2. Дилатометрические и биметаллические преобразователи	54
Датчики – реле температуры. Устройства терморегулирующие дилатометрические ТУДЭ	56
4.2.1.3. Манометрические термометры	57
4.2.1.4. Термоэлектрические термометры	58
Термоэлектрический преобразователь	58
Требования к материалу для изготовления термоэлектрических преобразователей (термопар)	60
Конструктивное оформление термопар	60
Виды стандартных термопар и диапазоны измеряемых температур ...	62

Термоэлектродные провода	62
Способы компенсации изменения температуры холодных спаев термопары	63
Измерительные (вторичные) приборы, применяемые в комплекте с термопарами для измерения температуры	64
Принцип действия магнитоэлектрического милливольтметра	64
Схема автоматического введения поправки на температуру холодных спаев	65
Сущность компенсационного метода измерения ТЭДС	66
Потенциометры	66
Функциональная схема автоматического электронного потенциометра	67
Достоинства термоэлектрических термометров	69
Преобразователи термоэлектрические с унифицированным токовым выходным сигналом (типа ТХАУ (хромель-алюмель))	69
Система автоматического контроля температуры целевого продукта в точке А на выходе из теплообменника с использованием ТХАУ	70
4.2.1.5. Термометры сопротивления	72
Термопреобразователь сопротивления	72
Материалы металлических термопреобразователей сопротивления .	72
Конструкция металлических термопреобразователей сопротивления	73
Полупроводниковые термомопреобразователи сопротивления (термисторы)	74
Измерительные (вторичные) приборы, применяемые в комплекте с термопреобразователями сопротивления	75
Уравновешенные мосты	75
Неуравновешенные мосты	78
Логометры	79
Термопреобразователи сопротивления с унифицированным токовым выходным сигналом (примеры термопреобразователей сопротивления – медного ТСМУ Метран-274 и платинового ТСПУ Метран -276) со встроенным измерительным преобразователем)	81
4.2.2. Пирометры (инфракрасные термометры)	82
4.2.3. Интеллектуальные датчики температуры	85
Интеллектуальные преобразователи температуры (ИПТ) серии Метран – 280	87
Конструктивные особенности и принцип действия датчиков	88
Интеллектуальные датчики температуры AUTROL АТТ2100	89
Беспроводные измерительные преобразователи температуры	90
4.2.4. Управляющие устройства коммуникационного протокола HART	91
Конфигурационная программа HART-Master	92
4.3. Контроль расхода	94
Приборы для измерения расхода и количества вещества	94
Основные принципы измерения расхода	94
Классификация приборов для измерения расхода и количества	95
4.3.1. Сущность измерения расхода по методу переменного перепада давлений	96
Типы сужающих устройств, регламентированные РД 50-213-80	96
Дифманометр типа ДМ	99
Источники возможных погрешностей комплекта – расходомера при	

измерении расхода методом переменного перепада давлений	101
4.3.2. Осредняющие напорные трубки	101
4.3.3. Расходомеры обтекания. Ротаметры.....	103
Устройство и принцип действия промышленного поплавкового расходомера типа РЭ	105
4.3.4. Тахометрические расходомеры	106
4.3.5. Электромагнитный метод измерения расхода жидкости	108
4.3.6. Вихревые расходомеры	109
4.3.7. Ультразвуковые расходомеры	111
4.3.8. Кориолисовые (массовые) расходомеры	113
4.3.9. Расходомер сыпучих веществ DensFlow	116
4.3.10. Измерение расхода на основе тепловых явлений	117
4.3.10.1. Калориметрические расходомеры	117
4.3.10.2. Термоконвективные расходомеры	118
4.3.10.3. Термоанемометры	119
4.4. Контроль уровня	120
4.4.1. Методы измерения уровня жидкости, применяемые в химической промышленности	120
С помощью указательных стекол	120
С помощью поплавковых уровнемеров	120
С помощью гидростатических уровнемеров	121
Кондуктометрические уровнемеры	122
Ультразвуковые уровнемеры принцип действия которых основан на измерении временного интервала между излученным и отраженным сигналами	122
Фотоэлектрические уровнемеры	126
Радарные измерители уровня (бесконтактные)	127
Радарные измерители уровня (контактные). Метод направленного электромагнитного излучения	128
Акустический уровнемер ЗОНД-3М	130
Измерение уровня внешней поверхности и поверхности раздела двух жидкостей	131
Датчики-реле уровня жидкости поплавковые ДРУ-1ПМ	132
Высокоточное измерение уровня жидкости по магнитострикционному принципу	133
4.4.2. Методы измерения уровня сыпучих материалов, применяемые в химической промышленности	135
Поплавковый уровнемер	135
Емкостной уровнемер	135
Принцип действия сигнализатора уровня	136
Сигнализатор уровня с вибрационной вилкой	136
Весовые уровнемеры сыпучего материала	137
4.4.3. Беспроводной интеллектуальный преобразователь	138
§5. Контроль параметров качества (состава и свойств веществ)	140
Приборы качественного и количественного анализа	140
5.1.Определение молекулярного состава	140
5.1.1. Масс-спектрометры	141
5.1.2. Хроматографы	141

Хроматограф GC1000 Mark II	142
5.1.3. Универсальный многоканальный газоанализатор автоматического непрерывного контроля «ГАНК-4»	143
5.1.4. Комплексный анализатор дымовых газов SG700	144
5.1.5. Парамагнитный анализатор кислорода в газах MG8	144
5.1.6. Концентратомер КСО-У2	145
5.2. Определение свойств веществ	145
5.2.1. Измерение плотности жидкостей и газов	145
Весовые плотномеры	146
Поплавковые (ареометрические) плотномеры	146
Вибрационные плотномеры	146
5.2.2. Измерение вязкости веществ	148
5.2.3. Измерение влажности газов и твердых тел	148
5.2.3.1. Контроль относительной влажности газов	149
Психрометрический метод	149
Метод точки росы	150
Измерительные преобразователи температуры и влажности РОСА-10	151
Измеритель-регулятор температуры и влажности ИРТВ-5215	151
5.2.3.2. Контроль влажности твердых (сыпучих) тел	152
5.2.4. pH-метры	152
5.2.5. Измеритель проводимости SC202	153
5.2.6. Измерение мутности	154
5.2.7. Измерение цвета	155
Колориметры	158
Колориметр АТТ – 1511	158
Спектрофотометры	158
Спектрофотометр TeleFlash Compact	159
§6. Измерение механических и электрических параметров	161
6.1. Измерение весовых величин	161
Дозатор шнековый фасовочный для открытых мешков (ДШФ-О)	161
Дозатор шнековый бункерный для добавок (ДШБД)	162
Дозатор бункерный дискретного действия (ДБД)	163
Дозатор фасовочный для сыпучих продуктов «ДОРА»	165
6.1.1. Использование тензодатчиков для измерения механических величин	166
Консольные тензодатчики	167
Датчики сжатия/растяжения	171
Программируемый измерительный преобразователь с цифровой индикацией PAX S	173
Программируемый весовой терминал IPC 50	173
Программируемый измерительный преобразователь с цифровой индикацией IPB 50	174
Программируемый измерительный преобразователь с цифровой индикацией IPA 2000	175
6.2. Измерение толщины материалов из диэлектриков с помощью емкостных датчиков.....	175
6.3. Датчик потускнения факела ДМС-100М-ПФ	177
6.4. Измеритель мощности PR 300	177
6.5. Датчики положения	178
6.5.1. Датчики контроля скорости (ДКС)	178
6.5.2. Оптические датчики метки (ДОМ)	179

6.5.3. Оптические бесконтактные выключатели (ВБО)	181
6.5.4. Емкостные бесконтактные выключатели	185
6.5.5. Ультразвуковой бесконтактный выключатель	187
6.5.6. Пирозлектрические датчики	189
6.5.7. Сигнализатор движения радиоволновый СДР101П	190
6.6. Волоконно-оптические датчики	193
6.6.1. Волоконно-оптические датчики магнитного поля	193
6.6.2. Измерение давления	195
6.6.3. Измерение температуры	197
6.6.4. Измерение уровня	198
6.6.5. Измерение скорости потока	199
ГЛАВА 2. Система автоматического регулирования технологических параметров (САР)	201
§1. Структура САК и САР	201
Виды переходных процессов	203
Требования к САР	204
Некоторые определения	204
САР непрерывного и прерывного действия	204
Статическая и астатическая САР	205
Принципы регулирования	206
§2. САР как совокупность типовых динамических звеньев	207
2.1. Динамические звенья САР	209
1. Усилительное звено	209
2. Аperiodическое звено 1-го порядка	210
3. Интегрирующее звено (астатическое)	211
4. Колебательное звено	213
5. Аperiodическое звено 2-го порядка	214
6. Дифференцирующее звено	216
2.1.1. Необходимые сведения из операционного исчисления	218
Дифференцирование оригинала	218
Интегрирование оригинала	219
Временной оператор – Р. Передаточная функция – W(P)	219
2.1.2. Передаточные функции типовых динамических звеньев	220
1. Усилительное звено	220
2. Аperiodическое звено 1-го порядка	220
3. Интегрирующее звено (астатическое)	220
4. Колебательное звено	220
5. Аperiodическое звено 2-го порядка	221
6. Дифференцирующее звено	221
Структурные схемы систем соединения звеньев	221
Последовательное соединение звеньев	221
Параллельное соединение звеньев	222
Соединение звеньев по принципу обратной связи (параллельно-встречное)	223
Устойчивость замкнутых САР	225
Критерий устойчивости Рауса-Гурвица	227

2.1. Объект регулирования	228
Основные свойства объектов: емкость, нагрузка, самовыравнивание, запаздывание	228
Одноемкостный объект с самовыравниванием	228
Влияние емкости объекта на величину постоянной времени	231
Одноемкостный объект без самовыравнивания. Динамическая характеристика	231
Многоемкостный объект с самовыравниванием	232
Многоемкостный объект без самовыравнивания	233
Запаздывание в объектах и регуляторах	233
2.3. Автоматический регулятор	234
Классификация линейных регуляторов	235
П-регулятор	236
И-регулятор	237
ПИ-регулятор	237
Регуляторы с предварением	238
ПД-регулятор	238
ПИД-регулятор	239
Нелинейные регуляторы. Позиционный регулятор	240
§ 3. Исполнительные устройства	241
3.1. Исполнительные механизмы	241
3.2. Регулирующие органы	242
3.2.1. Регулирующие клапаны	243
Одно- и двухседельные регулирующие клапаны	245
Трехходовые клапаны	247
Клапаны малогабаритны регулирующие КМР	249
Клапаны антишумовые и антикавитационные	250
Клапаны с высокой скоростью позиционирования	251
Угловые клапаны	251
Клапаны для высоких перепадов давления газа и охлажденных сред	252
Клапаны высокого давления	253
Клапан футерованный	255
Коаксиальный клапан	257
Клеточный клапан	257
Клапан сегментный запорно-регулирующий	259
Клапан шланговый специальный (КШС)	260
Клапан предохранительный	261
Шаровые краны	262
Электромагнитный клапан	263
Клапаны регулирующее-отсечные	264
Клапаны отсечные КМО	264
3.2.2. Регулирующие заслонки	265
Шибберные задвижки	266
Заключение	268
Библиографический список	269