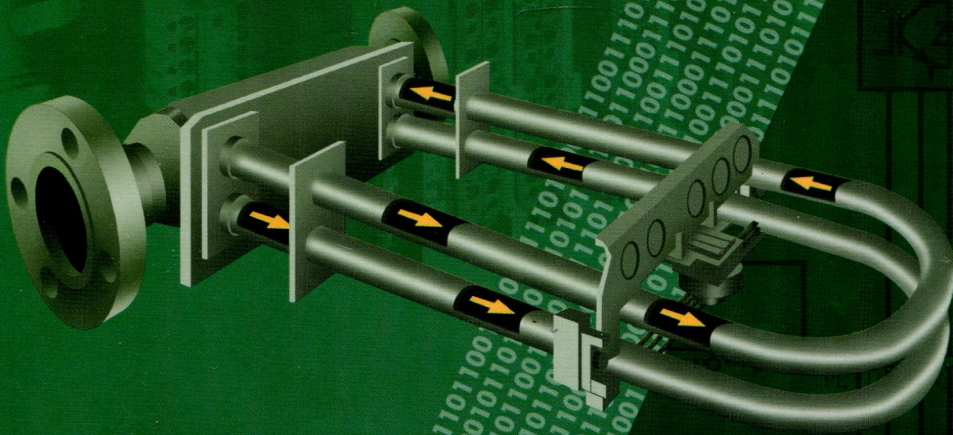


ТРЕТЬЕ
переработанное
и дополненное
издание

Харазов В. Г.

ИНТЕГРИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

- Распределенные системы управления (PCU)
- Техническое обеспечение PCU
- Программное обеспечение PCU
- Промышленные сети
- Интегрированные системы управления



ИЗДАТЕЛЬСТВО
ПРОФЕССИЯ

Харазов В. Г.

Интегрированные системы управления технологическими процессами

Третье издание,
переработанное и дополненное

Рекомендовано учебно-методическим объединением вузов Российской Федерации по образованию в области радиотехники, электроники, биомедицинской техники и автоматизации в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 220201 «Управление и информатика в технических системах»

Санкт-Петербург

Издательство
ПРОФЕССИЯ

УДК 681.5
ББК32.965
Х20

*Все права защищены. Никакая часть данной книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме без письменного разрешения владельцев авторских прав.
Текст публикуется в авторской редакции*

Рецензенты:

Зав. кафедрой информационно-измерительных технологий систем управления Санкт-Петербургского государственного технологического университета растительных полимеров, профессор, д. т. н. Кондрашкова Г. А.
Профессор кафедры автоматике и процессов управления Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ», д. т. н. Душин С. Е.

Х20 **Харазов В. Г.**
Интегрированные системы управления технологическими процессами. —
3-е изд., перераб. и доп. — СПб.: Профессия, 2013. — 656 с., ил., табл., сх.

ISBN 978-5-904757-56-4

В третьем издании учебно-справочного пособия добавлены новые сведения и учтены пожелания специалистов по автоматизации и преподавателей.

В книге подробно рассмотрены интеллектуальные приборы контроля технологических параметров. Также описан широкий спектр программируемых логических контроллеров, приводится описание инструментальных систем программирования контроллеров. Даны сведения о новых SCADA-системах, современных базах данных и СУБД, в том числе модели баз данных, архитектура доступа к данным, серверы баз данных и пр.

В обновленном разделе, посвященном сетевому оборудованию, приводятся характеристики промышленных сетей, в том числе Industrial Ethernet, топология и методы доступа, описание активного оборудования. В завершающем разделе книги представлены системы верхнего уровня: EPR- и MES-системы, информационные системы и системы проектирования.

Издание предназначено для сотрудников отделов автоматизации, инженеров, специалистов предприятий, занимающихся разработкой и внедрением АСУТП, сотрудников проектных организаций и НИИ, а также для студентов, обучающихся по специальностям 210100 «Управление и информатика в технических системах» и 210200 «Автоматизация технологических процессов и производств».

УДК 681.5
ББК 32.965

ISBN 978-5-904757-56-4

© Харазов В.Г., 2009-2013

© ИД «Профессия», макет, оформление, 2013

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие к третьему изданию	13
РАЗДЕЛ I. Техническое обеспечение распределенных систем управления	15
Глава 1. Приборы контроля и управления технологическими процессами	15
1.1. Приборы для измерения температуры	15
1.1.1. Контактные датчики (термопары и термометры сопротивления с унифицированным выходным сигналом).....	16
1.1.2. Неконтактные датчики температуры (пирометры излучения).....	27
1.1.3. Регуляторы температуры прямого действия.....	41
1.2. Приборы для измерения расхода	42
1.2.1. Электромагнитные (магнитно-индукционные) расходомеры	43
1.2.2. Ультразвуковые расходомеры	46
1.2.3. Кориолисовые расходомеры.....	48
1.2.4. Вихревые (вихреакустические) расходомеры	51
1.2.5. Расходомеры на принципе перепада давлений.....	53
1.2.6. Расходомеры постоянного перепада давлений.....	55
1.2.7. Тепловые расходомеры	56
1.2.8. Скоростные (турбинные) расходомеры	58
1.2.9. Датчики контроля расхода (потока).....	59
1.2.10. Расходомеры и дозаторы сыпучих веществ.....	60
1.3. Приборы для измерения давления	63
1.4. Приборы для измерения уровня	71
1.4.1. Поплавковые уровнемеры.....	71
1.4.2. Гидростатические уровнемеры	73
1.4.3. Ультразвуковые уровнемеры.....	74
1.4.4. Радарные (микроволновые) уровнемеры	76
1.4.5. Емкостные уровнемеры	78
1.4.6. Сигнализаторы уровня	79
1.4.7. Измерение уровня раздела фаз.....	82
1.5. Анализаторы состава и свойств веществ	83
1.5.1. Газоанализаторы.....	84
1.5.1.1. Термоконтдуктометрические газоанализаторы	85
1.5.1.2. Термомагнитные газоанализаторы.....	90
1.5.1.3. Термохимические газоанализаторы	90
1.5.1.4. Электрохимические газоанализаторы.....	91
1.5.1.5. Оптико-абсорбционные газоанализаторы	92
1.5.1.6. Пламенно-ионизационные газоанализаторы	94

1.5.1.7. Хроматографы.....	94
1.5.1.8. Влагомеры (гигрометры).....	95
1.5.2. Анализаторы жидкости.....	100
1.5.2.1. Кондуктометры.....	100
1.5.2.2. pH-метры.....	102
1.5.2.3. Измерение мутности растворов. Нефелометры.....	104
1.5.2.4. Плотномеры жидких сред.....	105
1.5.2.5. Вискозиметры.....	106
1.5.3. Спектроскопия. Промышленные спектрометры.....	107
1.5.3.1. Спектроскопия.....	107
1.5.3.2. Спектрометры.....	110
1.5.3.3. Масс-спектрометры.....	112
1.6. Весоизмерительная техника.....	116
1.6.1. Весоизмерительное и дозирующее оборудование.....	116
1.6.2. Тензометрические датчики веса (тензодатчики).....	120
1.7. Бесконтактные выключатели (сенсоры).....	122
1.7.1. Индуктивные бесконтактные выключатели.....	124
1.7.2. Емкостные бесконтактные выключатели.....	127
1.7.3. Магниточувствительные бесконтактные выключатели.....	128
1.7.4. Оптические бесконтактные выключатели.....	129
1.7.5. Ультразвуковые бесконтактные датчики.....	132
1.7.6. Люминесцентные датчики.....	133
1.7.7. Видеодатчики.....	133
1.8. Показывающие и регистрирующие приборы.....	134
1.8.1. Показывающие аналоговые и цифровые приборы.....	134
1.8.2. Регистрирующие приборы.....	137
1.8.3. Безбумажные самописцы.....	139
1.9. Функциональные устройства систем автоматизации.....	142
1.9.1. Нормирующие преобразователи.....	142
1.9.2. Функциональные блоки.....	144
1.9.3. Барьеры искрозащиты.....	145
1.9.4. Блоки питания.....	150
1.9.5. Измерительные преобразователи тока и напряжения.....	151
1.9.5.1. Трансформаторы тока.....	151
1.9.5.2. Трансформаторы напряжения.....	155
1.10. Исполнительные механизмы.....	156
1.10.1. Электрические исполнительные механизмы.....	156
1.10.2. Электропривод с преобразователем частоты.....	160
1.10.3. Сервопривод.....	163
1.10.4. Энкодеры.....	173
1.10.5. Пневматические исполнительные механизмы.....	175

1.10.6. Гидравлические исполнительные механизмы.....	180
1.11. Приборы учета энергоносителей.....	182
1.11.1. Теплосчетчики	182
1.11.2. Электросчетчики.....	185
1.11.3. Автоматизированные системы контроля и учета энергоресурсов (АСКУЭ)	189
Глава 2. Программируемые логические контроллеры (ПЛК).....	195
2.1. Общее описание и классификация ПЛК.....	195
2.2. Программируемые контроллеры зарубежного производства.....	200
2.2.1. Контроллеры компании Advantech, Тайвань	201
2.2.2. Контроллеры компании Beckhoff, Германия	205
2.2.3. Контроллеры компании Bernecker & Rainer Industrial Elektronik GmbH, Австрия.....	207
2.2.4. Контроллеры компании Control Microsystems, Канада	210
2.2.5. Контроллеры компании Delta Electronics Inc., Тайвань	213
2.2.6. Контроллеры компании FATEK Automation Corp., Тайвань	214
2.2.7. Контроллеры компании GE IP, США	216
2.2.8. Контроллеры компании ICP DAS, Тайвань	220
2.2.9. Контроллеры компании Kooyo Electronics, Япония	223
2.2.10. Контроллеры фирмы Matsushita Electric Works Ltd., Япония	227
2.2.11. Контроллеры фирмы Mitsubishi Electric, Япония	230
2.2.12. Контроллеры компании Möller GmbH, Германия.....	234
2.2.13. Контроллеры компании National Instruments, США.....	237
2.2.14. Контроллеры компании Omron Corp., Япония.....	238
2.2.15. Контроллеры компании PEP Modular Computers GmbH, Германия	241
2.2.16. Контроллеры компании Rockwell Automation	242
2.2.17. Контроллеры фирмы Schneider Electric, Франция.....	246
2.2.18. Контроллеры компании Siemens, Германия	250
2.2.19. Контроллеры компании TURCK, Германия	255
2.2.20. Контроллеры компании Unitronics, Израиль.....	256
2.2.21. Контроллеры фирмы VIPA, Германия	259
2.2.22. Контроллеры компании WAGO, Германия.....	262
2.3. Контроллеры, производимые предприятиями РФ.....	264
2.3.1. Контроллеры ЗАО «Волмаг»	264
2.3.2. Контроллеры компании «ОВЕН».....	266
2.3.3. Контроллеры ГК «ТЕКОН».....	268
2.3.4. Контроллеры компании «АБС ЗЭиМ Автоматизация»	272
2.3.5. Контроллеры ОАО «МЗТА»	278
2.3.6. Контроллеры ФГУП «ЭЗАН»	282
2.3.7. Контроллеры ЗАО «ЭМИКОН».....	285

2.4. Встраиваемые системы.....	285
2.4.1. Встраиваемые промышленные компьютеры (PC-based контроллеры) компаний Advantech, AAEON, Fastwel.....	285
2.4.2. Встраиваемые системы стандарта EPIC, EBX, 3,5" и 5,25".....	287
2.4.3. Встраиваемые микроконтроллеры фирмы Octagon Systems, США.....	287
2.5. Компоненты ПЛК.....	289
2.5.1. Процессорные модули ПЛК.....	289
2.5.2. Модули ввода/вывода дискретных сигналов.....	291
2.5.3. Модули ввода/вывода аналоговых сигналов.....	293
2.5.4. Коммуникационные модули.....	294
2.5.5. Модули специального назначения.....	295
2.6. Методика выбора ПЛК.....	298
2.6.1. Характеристики контроллера, соответствующие требованиям проекта или условиям существующего производства.....	299
2.6.2. Выбор класса контроллера (моноблочный, модульный, PC-based, встраиваемый).....	299
2.6.3. Соответствие контроллера Международным стандартам.....	300
2.6.4. Наличие необходимых интерфейсов связи уровней иерархии системы.....	300
2.6.5. Возможность визуализации данных (связь со SCADA-системами).....	300
2.6.6. Наличие стандартных систем программирования и алгоритмов настройки параметров контроллера.....	301
2.6.7. Показатели надежности контроллера.....	301
2.6.8. Экономические показатели.....	301
2.7. Системы распределенного ввода/вывода и управления.....	304
Глава 3. Оборудование и компоненты распределенных систем управления.....	308
3.1. Основы проектирования распределенных систем управления.....	308
3.1.1. Структурные схемы.....	309
3.1.2. Схемы автоматизации.....	310
3.1.2.1. Развернутый способ выполнения схем автоматизации.....	311
3.1.2.2. Упрощенный способ выполнения схем автоматизации.....	313
3.1.3. Схемы принципиальные.....	313
3.1.4. Схемы соединений и подключения внешних проводов.....	314
3.1.5. Чертежи расположения оборудования и внешних проводов систем автоматизации.....	320
3.1.6. Чертежи установок средств автоматизации.....	321
3.1.7. Чертежи общих видов нетиповых средств автоматизации.....	321
3.1.8. Спецификация оборудования, изделий и материалов.....	321
3.1.9. Классификация щитов и пультов.....	322
3.2. Щитовое оборудование.....	325
3.2.1. Щиты и пульты.....	325

3.2.2. Низковольтная аппаратура.....	330
3.3. Промышленные компьютеры (ПК)	342
3.3.1. Архитектура и отличительные особенности ПК	342
3.3.2. Технические характеристики промышленных компьютеров	347
3.3.3. Стандарты шин расширения.....	353
3.3.4. Операционные системы реального времени, ОСРВ	355
3.3.5. Флэш-диски	369
3.4. Панели оператора.....	371
3.5. Источники бесперебойного питания (ИБП).....	373
3.6. Локальные микропроцессорные регуляторы.....	381
3.6.1. Назначение и характеристики микропроцессорных регуляторов	381
3.6.2. Технические характеристики локальных микропроцессорных регуляторов.....	385
3.7. Взрывозащита АСУ ТП.....	387
РАЗДЕЛ II. Программное обеспечение распределенных АСУ ТП.....	395
Глава 4. Программное обеспечение ПЛК.....	395
4.1. Языки программирования ПЛК по стандарту IEC 61131-3	395
4.1.1 Объекты адресации языков программирования ПЛК	395
4.1.2 Язык Ladder Diagram (LD)	396
4.1.3 Язык Instruction List (IL).....	399
4.1.4 Язык Structured Text (ST).....	401
4.1.5 Язык Sequential Function Chart (SFC)	406
4.1.6 Язык Functional Block Diagram (FBD)	409
4.2. Примеры программирования на языках IEC 61131-3	410
4.2.1 Примеры программ на языке Ladder Diagram (LD)	410
4.2.2 Язык Instruction List (IL).....	412
4.2.3 Примеры программ на языке Structured Text (ST).....	412
4.2.4 Примеры программ на языке Sequential Function Chart (SFC)	413
4.2.5 Примеры программирования на языке FBD.....	414
4.3. Инструментальные системы программирования ПЛК.....	415
4.3.1 Система программирования ISaGRAF компании ISaGRAF Inc.	415
4.3.2 Система программирования CoDeSys фирмы Smart Software Solution GmbH (3S)	417
4.3.3 Система программирования Unity Pro компании Schneider Electric, Франция	419
4.3.4 Система программирования TIA Portal фирмы Siemens, Германия.....	421
4.3.5 Система программирования CX-One компании Omron Electronics, Япония	422
4.3.6 Система программирования «ПОЛИГОН» ООО «Промавтоматика»	423

4.3.7 Система программирования PXI-контроллеров LabVIEW компании National Instruments, США.....	424
Глава 5. Программное обеспечение рабочих станций.....	425
5.1. SCADA-системы распределенных систем управления.....	425
5.1.1 SCADA-система InTouch	427
5.1.2 SCADA-система PcVue компании ARC Informatique, Франция	429
5.1.3 Clear SCADA компании Control Microsystems, Канада.....	431
5.1.4 MX SCADA компании Mitsubishi Electric, Япония	432
5.1.5 SCADA-система Vijeo Look компании Schneider Electric, Франция	433
5.1.6 SCADA-система Monitor Pro v7.2 компании Schneider Electric, Франция	435
5.1.7 SCADA-система Genesis64 компании Iconics, США	436
5.1.8 SCADA-пакет iFIX компании Intellution, США	439
5.1.9 SCADA-пакет Trace Mode фирмы AdAstra Research Group Ltd., Россия.....	440
5.1.10 SCADA-система SIMPLICITY фирмы GE IP, США	442
5.1.11 SCADA-система SIMATIC WinCC фирмы Siemens, Германия.....	444
5.1.12 SCADA-система Citect фирмы CI Technology, Австралия.....	445
5.1.13 MasterSCADA фирмы ИнСАТ, Россия.....	446
5.1.14 SCADA-система КРУГ-2000, Россия.....	447
5.1.15 SCADA-система WizFactory фирмы eMation (PC Soft International, Inc.), США–Израиль	448
5.1.16 SCADA-система RSView32 компании Rockwell Automation, США	449
5.1.17 SCADA-система Elipse E3 компании Elipse Software, Бразилия.....	449
5.1.18 SCADA-система ADAMView компании Advantech, Тайвань	450
5.1.19 SCADA-система Advantech Studio (AStudio) компании Advantech, Тайвань	451
5.1.20 SCADA-система Genie 3.0 фирмы Advantech, Тайвань	452
5.2. Методика выбора SCADA-систем	453
5.3. OPC-стандарт взаимодействия SCADA-систем и ПЛК	455
5.4. Базы данных и системы управления базами данных.....	458
5.4.1 Модели баз данных	458
5.4.2 Клиент-серверная архитектура доступа к данным.....	462
5.4.3 Структурированный язык запросов (SQL). Управление транзакциями.....	464
5.4.4 БД и СУБД.....	467
5.4.4.1 IndustrialSQL Server	467
5.4.4.2 iHistorian	469
5.4.4.3 БД ORACLE фирмы Oracle	471
5.4.5 Серверы баз данных	472

РАЗДЕЛ III. Промышленные сети распределенных систем управления..... 475

Глава 6. Промышленные сети: архитектура, оборудование, характеристики....	475
6.1. Архитектура промышленных сетей.....	475
6.1.1 Модель ISO/OSI	475
6.1.2 Топология промышленных сетей.....	477
6.1.3 Методы организации доступа к линии связи	478
6.1.4 Физические каналы передачи данных	479
6.2. Активное оборудование промышленных сетей.....	484
6.2.1 Повторители и концентраторы.....	484
6.2.2 Мосты и коммутаторы.....	485
6.2.3 Маршрутизаторы и шлюзы	486
6.3. Открытые промышленные сети	486
6.3.1 Сенсорные сети (сети низовой автоматики).....	487
6.3.1.1 AS-Interface (ASI).....	487
6.3.1.2 HART.....	488
6.3.1.3 MODBUS	489
6.3.1.4 Interbus.....	490
6.3.1.5 DeviceNet	490
6.3.1.6 Сеть CANbus.....	490
6.3.2 Контроллерные сети.....	491
6.3.2.1 Сеть BITBUS.....	491
6.3.2.2 Сеть PROFIBUS	492
6.3.2.3 Сеть ControlNet	493
6.3.3 Универсальные сети	494
6.3.3.1 Сеть WorldFIP	494
6.3.3.2 Сеть LON Works	495
6.3.3.3 Сеть Foundation Fieldbus (FF)	495
6.3.4 Сеть Ethernet / Industrial Ethernet.....	496
6.3.5 Сети верхнего уровня	504
6.4. Беспроводные сети систем управления.....	505
6.4.1 Сети GSM	508
6.4.2 Сети GPRS.....	510
6.4.3 Беспроводные системы связи 3-го поколения (3G).....	511
6.4.4 Беспроводные системы связи 4-го поколения (4G).....	512
6.4.5 Технология WiFi (стандарты IEEE 802.11a/b/g)	512
6.4.6 Технология WiMAX (стандарт 802.16 d/e/m).....	513
6.4.7 Беспроводная технология Bluetooth (стандарт IEEE 802.15)	514
6.4.8 Стандарт IEEE 802.16	515
6.4.9 Инфракрасный канал (ИК-канал)	516
6.4.10 Спецификация Wireless HART	516

РАЗДЕЛ IV. Распределенные системы управления (PCY).....	519
Глава 7. Алгоритмическое обеспечение PCY.....	519
7.1. Виды обеспечений PCY.....	519
7.2. Алгоритмы управления. Основные понятия.....	521
7.3. Нечеткие системы управления.....	523
7.4. Адаптивные системы управления.....	528
7.5. Робастные системы управления.....	532
7.6. Ситуационные системы управления.....	534
7.7. Искусственные нейронные сети.....	536
Глава 8. Распределенные системы управления (PCY).....	542
8.1. Общие характеристики PCY.....	542
8.2. Система Plant Scape фирмы Honeywell.....	543
8.2.1 Программное обеспечение системы Plant Scape.....	544
8.2.2 Принципы построения системы Plant Scape.....	545
8.2.3 Прикладные программы системы Plant Scape.....	545
8.2.4 Сетевые средства системы Plant Scape.....	546
8.3. Система автоматизации PMD фирмы Honeywell.....	546
8.4. Experion PKS – новая PCY фирмы Honeywell.....	548
8.4.1 Техническая структура Experion PKS.....	548
8.4.2 Программное обеспечение системы Experion PKS.....	552
8.5. ИАСУ Damatic XD и XD _i фирмы Valmet Automation.....	553
8.6. Система metsoDNA компании Metso Automation.....	554
8.6.1 Функция полевого контроля.....	555
8.6.2 Функция управления.....	557
8.6.3 Функция оператора.....	558
8.6.4 Функция управления информационными ресурсами.....	559
8.6.5 Функция инжиниринга и технического обслуживания.....	561
8.6.6 Функция совместимости.....	561
8.6.7 Функция управления ресурсами предприятия.....	562
8.7. Распределенная система управления на базе комплекса технических и программных средств I/A Series фирмы Foxboro.....	562
8.7.1 Техническое обеспечение системы.....	564
8.7.2 Программное обеспечение.....	565
8.8. Распределенная система управления Centum CS3000 компании Yokogawa Electric.....	567
8.8.1 Функции управления.....	567
8.8.2 Функции контроля и управления.....	569
8.8.3 Коммуникационные функции системы.....	569

8.8.4	Функции проектирования	569
8.8.5	Функции техобслуживания	570
8.9.	Распределенная система управления CENTUM CS фирмы Yokogawa Electric	572
8.10.	Распределенная система управления CENTUM CS1000 фирмы Yokogawa Electric	573
8.11.	Распределенная система управления STARDOM фирмы Yokogawa Electric	575
8.12.	Система автоматической противоаварийной защиты ProSAFE фирмы Yokogawa Electric	576
8.12.1	Инженерная Станция Системы Безопасности (SENG)	577
8.12.2	Контроллер Системы Безопасности (SCS)	577
8.13.	Распределенная система управления Freelance 800F компании ABB.....	577
8.13.1	Программное обеспечение	580
8.13.2	Обзор модулей дискретного ввода	580
8.13.3	Обзор модулей дискретного вывода	581
8.13.4	Обзор модулей аналогового ввода	581
8.13.5	Обзор модулей аналогового вывода	582
8.14.	Распределенная система управления DeltaV компании Emerson Process Management (США)	582
8.15.	Распределенная система управления Simatic PCS7 компании Siemens.....	585
8.16.	Микропроцессорная система контроля и управления МСКУ 2М АО «Импульс»	588
8.16.1	Основные компоненты МСКУ 2М.....	589
8.16.2	Программное обеспечение МСКУ 2М	592
8.17.	Распределенная система управления на базе ПТК «Текон» ГК «ТЕКОН»	593

РАЗДЕЛ V. ПРИНЦИПЫ И ОСНОВЫ ИНТЕГРАЦИИ СИСТЕМ

	УПРАВЛЕНИЯ	595
Глава 9.	Системы управления производством (MES-системы).....	598
9.1.	MES-система «СКАТ»	602
9.2.	MES-система ФОБОС	602
9.3.	MES-система Preactor	604
9.4.	MES-система SIMATIC IT	606
9.5.	Автоматизированные системы оперативного диспетчерского управления энергоресурсами (АСОДУЭ).....	607
9.6.	ЕАМ-системы.....	607
9.7.	LIMS-системы	609

Глава 10. Системы планирования ресурсов предприятия (ERP-системы).....	611
10.1. ERP-система Protean	612
10.2. ERP-система ГАЛАКТИКА корпорации «ГАЛАКТИКА», Россия.....	612
10.3. ERP-система iRenaissance компании ROSS Systems	613
10.4. ERP-система IndustrialIT Extended Automation System 800xA компании ABB	616
Глоссарий	617
Литература	628
Приложение. Схемы подключения ПЛК	645