

УДК 338.432(075.8)
ББК 60.8я73
И 17

Ившин В. П.

Беспроводная сеть сбора и передачи измерительной информации в АСУТП : учебное пособие / В. П. Ившин; – М-во образ. и науки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань : Изд-во КНИТУ 2016. – 240 с.

ISBN 978-5-7882-1848-9

Представлен обзор наиболее актуальных публикаций, посвящённых проблемам формирования современной элементной базы АСУТП, а также функционирования беспроводной сети сбора и передачи измерительной информации в системе. Приведены многочисленные примеры (задачи) построения беспроводных сетей СУХТП.

Предназначено для студентов технологических университетов и колледжей, изучающих дисциплину С.3. Б.9 «Системы управления химико-технологическими процессами» по специальности 18.05.01.65 – «Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий».

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

Печатается по решению редакционно-издательского совета Казанского национального исследовательского технологического университета.

Рецензенты: д-р техн. наук *К.Х. Гильфанов* проф. каф. автоматизации технол. процессов и производств КГЭУ
канд. техн. наук доцент каф. «Автоматика и управление» КНИТУ им. А.Н.Туполева *С.А. Терентьев*

ISBN 978-5-7882-1848-9 © Ившин В. П., 2016
© «Казанский национальный исследовательский технологический университет», 2016

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
РАЗДЕЛ 1. ФОРМИРОВАНИЕ СОВРЕМЕННОЙ ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ АСУТП. ПРИМЕРЫ	5
ГЛАВА 1. АСУТП. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	5
1.1. Автоматизированная система управления технологическими процессами (АСУТП)	5
1.2. Многоуровневая архитектура АСУТП	7
1.3. Архитектура системы с общей шиной	13
1.4. Промышленные сети. Интерфейсы RS-485, RS-232, RS-422	14
1.5. Топологии сетей	19
1.6. Задачи коммутации абонентов в сетях и коммуникационные устройства	22
1.6.1. Связь компьютера с периферийными устройствами.	23
1.6.2. Простейший случай взаимодействия двух компьютеров	24
1.6.3. Коммуникационные устройства	26
1.6.4. Способы организации передачи данных между ПК.	32
1.7. Принципы функционирования локальных сетей. Основные компоненты и типы ЛВС	33
1.7.1. Одноранговые сети	33
1.7.2. Сети на основе сервера	34
1.7.3. Комбинированные сети	36
1.8. Сети с беспроводной передачей измерительной информации	36
1.8.1. Инфракрасные и лазерные сети	37
1.8.2. Беспроводные сети с радиопередачей данных	39
1.8.3. Мобильные сети	40
1.9. Сетевые операционные системы	42
1.10. Линии связи. Протоколы связи в АСУ ТП	42
1.10.1. Модель взаимодействия открытых систем – модель OSI	46
1.10.2. Промышленная сеть PROFIBUS	51
1.11. Контроллеры АСУТП. Классификация	53
1.12. Будущее сетей	59
ГЛАВА 2. HART-ПРОТОКОЛ	61
2.1. Сеть на основе HART – протокола	61
2.2. Средства коммуникации	67
2.2.1. HART – модем Метран 681	67
2.2.2. HART– коммуникатор Метран 650	68
2.2.3. Конфигурационная программа HART– Master	69
2.2.4. HART – мультиплексор Метран 670	71
2.2.5. HART – коммуникатор модели HC 375	71
2.2.6. HART –USB модем Метран 682	72
2.2.7. Полевой коммуникатор модели 475	72
2.3. Особенности сети на основе HART-протокола	73
2.4. Достоинства HART протокола. Будущее протоколов	74
ГЛАВА 3. СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ (СУХТП)	77
3.1. Классификация технологических процессов	77
3.2. Классификация потенциально опасных процессов	78
3.2.1. Функции систем АСУ потенциально опасными процессами	79
3.3. Структура САК и САР. Определения	79

3.4. Принципы регулирования	82
3.5. Виды переходных процессов	84
3.6. САР непрерывного и прерывного действия. Статические и астатические САР	85
ГЛАВА 4. ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ СОВРЕМЕННОЙ ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ АСУТП. ПРИМЕРЫ	87
4.1. АСУТП – совокупность автономных локальных схем – 1 этап (двухуровневая схема). Пример	87
4.2. АСУТП на базе управляющей вычислительной машины – 2 этап (трёхуровневая схема). Пример	87
4.3. АСУТП на базе интеллектуальных средств автоматизации – 3 этап (трёхуровневая схема). Пример	89
РАЗДЕЛ 2. БЕСПРОВОДНАЯ СЕТЬ СБОРА И ПЕРЕДАЧИ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ В АСУТП	98
ГЛАВА 1. БЕСПРОВОДНЫЕ СЕТИ АСУ ТП. КЛАССИФИКАЦИЯ	98
1.1. Типы беспроводных сетей в системах АСУ ТП. Обзор	99
1.1.1 Персональные беспроводные сети	99
1.1.2. Беспроводные сенсорные сети	101
1.1.3. Малые локальные беспроводные сети	103
1.1.4. Большие локальные беспроводные сети	104
1.1.5. Глобальные беспроводные сети. Мобильная связь.	105
1.1.6. Спутниковая связь	107
1.2. Распространённые беспроводные технологии(Bluetooth (IEEE 802.15.1), ZigBee (IEEE 802.15.4) и Wi-Fi (IEEE 802.11))	110
1.3. Беспроводные устройства серии XYR 5000, 6000 компании Honeywell	112
1.4. Беспроводной комплекс измерения температуры JUM0 Wtrans.	113
1.5. Проблемы беспроводных сетей и пути их решения. Основные требования к беспроводным сетям	117
ГЛАВА 2. БЕСПРОВОДНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СВЯЗИ В АСУТП – SMART WIRELESS	120
2.1. Стандарт Wireless HART	120
2.2. Технические средства беспроводной связи Smart Wireless.	124
2.2.1. Rosemount 775 – преобразователь сигнала HART в беспроводной Smart Wireless THUM	124
2.2.2. Беспроводной шлюз 1420	126
2.2.3. Беспроводной шлюз Smart Wireless	127
2.2.4. Семейство измерительных преобразователей температуры Rosemount 848T для систем с высокой плотностью измерений	129
2.2.5. Преобразователь дискретного входного сигнала в беспроводной Rosemount 702	131
2.2.6. Беспроводной сигнализатор уровня вибрационный Rosemount 2160	132
2.2.7. Беспроводный датчик вибрации CSI 9420	133
2.2.8. Беспроводной измерительный преобразователь температуры Rosemount 248	135
2.2.9. Беспроводной измерительный преобразователь температуры Rosemount 648.Wireless	135
2.2.10. Многоканальный беспроводной преобразователь температуры Wireless HART TT 481	137
2.2.11. Беспроводные датчики давления, уровня и расхода WirelessHART. Серия LD400WH	138
2.2.12. Беспроводный датчик pH Rosemount 6081	138

2.2.13. АКСОН–100. Преобразователь давления микропроцессорный с радиоканалом и автономным источником питания	139
2.2.14. Беспроводные измерительные приборы серии Rosemount 3051S	130
ГЛАВА 3. БЕСПРОВОДНЫЕ РЕШЕНИЯ SMART WIRELESS ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ	144
3.1. Решение практических задач (задачи 1–31)	144
Задача 1. Измерение уровня и предупреждение переполнения резервуаров	144
Задача 2. Мониторинг параметров технологического процесса (концентрация кислоты, электропроводность) в ёмкости	145
Задача 3. Установив преобразователь Smart Wireless THUM на многопараметрическом кориолисовом HART – расходомере Micro Motion, можно легко обеспечить доступ ко всем остальным параметрам	146
Задача 4. Ухудшение отклика регулировочного клапана или неспособность клапана занять требуемое положение	146
Задача 5. Температура подшипника на двигателе поднимается, что свидетельствует о скором отказе	147
Задача 6. В системе водяного охлаждения образуются минеральные отложения, сокращая ее эффективность (использование беспроводных датчиков pH Rosemount 6081)	147
Задача 7. Беспроводное устройство для определения положения клапана позволяет сократить количество остановов	148
Задача 8. Контроль производительности работы насоса с использованием беспроводных датчиков Rosemount 3051S	148
Задача 9. Осуществление беспроводного мониторинга работы важного редуктора с помощью беспроводного датчика вибрации CSI 9420.	149
Задача 10. Беспроводное обнаружение засорения фильтра с помощью беспроводного датчика Rosemount 3051S	150
Задача 11. Отслеживание температуры в паропроводе беспроводным датчиком Rosemount 848T	150
Задача 12. Беспроводной преобразователь дискретного сигнала Rosemount 702 с сигнализатором высокого уровня оповещает о переполнении резервуаров едкими веществами	150
Задача 13. Обнаружение утечки через предохранительные клапаны с помощью беспроводных датчиков Rosemount 3051S	151
Задача 14. Беспроводной преобразователь дискретного сигнала Rosemount 702 обнаружит использование оборудования для обеспечения безопасности	151
Задача 15. Предприятие охватывает комплекс удаленных зданий, в которых размещена система водяных насосов и циркуляционное оборудование. Необходимо обеспечить беспроводное оповещение о температуре в каждом из зданий	151
Задача 16. Беспроводный контроль температур внутри цистерн, перевозимых железнодорожным транспортом	152
Задача 17. Беспроводная система оповещения о засорении фильтра предотвратила остановку процесса	152
Задача 18. Беспроводный контроль большого числа точек измерения давления, температуры и вибрации при производстве химических веществ промышленной компаний	153
Задача 19. Беспроводной контроль показателей добычи нефти	153

Задача 20. Беспроводной контроль температуры внутри вращающейся печи	154
Задача 21. Беспроводной мониторинг объема выбросов вредных химических веществ на газоперерабатывающих заводах	154
Задача 22. Беспроводной мониторинг на нефтеперерабатывающем заводе давления азотной подушки на резервуарах с бензолом	155
Задача 23. На заводе по производству металлопроката после внедрения беспроводных решений Smart Wireless перестали происходить отказы валков	155
Задача 24. Улучшение предоставления информации и повышение эффективности работы котла и турбины привели к многочисленным улучшениям работы электростанции	155
Задача 25. Беспроводные решения Smart Wireless позволили отслеживать уровень вибрации на опасных участках нефтеперерабатывающего завода в течение каждой смены	156
Задача 26. Беспроводные преобразователи дискретного сигнала Rosemount 702 обеспечили безопасность производственного процесса на целлюлозно-бумажном заводе	156
Задача 27. Беспроводные средства автоматизации обеспечивают доступ к диагностическим средствам, которые могут обнаружить закупорку импульсных линий	157
Задача 28. Беспроводная технология в измерениях уровня, скорости изменения уровня приводит к эффективному использованию резервуаров	157
Задача 29. Подключение преобразователя Smart Wireless THUM к анализаторам модели 1056 позволило осуществить беспроводный контроль концентрации кислоты и температуру	157
Задача 30. Дистанционный мониторинг для обнаружения отказов установок	157
Задача 31. Интегрировать беспроводную сеть в проводную систему	157
3.2. Применение беспроводных приборов в различных отраслях промышленности (задачи 32 – 62)	158
Задача 32. Контроль параметров добывающих скважин	158
Задача 33. Измерение затрубного и устьевого давлений скважины	159
Задача 34. Контроль параметров установки подготовки и сепарации воды (УПСВ)	159
Задача 35. Контроль уровня нефтепродуктов и давления сжиженного газа в резервуарах хранения	160
Задача 36. Мониторинг трубопровода и нагнетательных скважин системы	160
Задача 37. Внедрение беспроводного решения на трех спутниковых газовых месторождениях для контроля давления, температуры и перепадов давления в устье газовой скважины, направление всех данных в систему SCADA	161
Задача 38. Мобильная установка для гидравлических испытаний трубопровода для запуска новых скважин	162
Задача 39. Контроль состояния удаленных добывающих и нагнетательных скважин	163
Задача 40. Модернизация 30-летней морской добывающей платформы	165
Задача 41. Повышение надежности работы системы защиты от переливов на нефтеперерабатывающем заводе (НПЗ)	166
Задача 42. Контроль параметров отгружаемого сырья на участке налива готовой продукции	166

Задача 43. Мониторинг параметров температуры и давления с целью исключения возможности повреждения трубопровода	167
Задача 44. Измерение уровня и защита от переполнения резервуаров	168
Задача 45. Беспроводная система измерения уровня от Emerson	169
Задача 46. Постоянный контроль параметров на факеле	169
Задача 47. Безопасность работы факельного хозяйства при помощи беспроводного решения	170
Задача 48. Регулирование температуры в коксовой печи	170
Задача 49. Повышение уровня безопасности хранилища жидкого аммиака	171
Задача 50. Регулирование температуры в электродуговой печи	171
Задача 51. Измерение температуры тормозных цилиндров во время отогрева вагонных составов с размораживаемой рудой	172
Задача 52. Измерение температуры спекания шихты во вращающейся трубчатой печи	172
Задача 53. Измерение температуры в двух зонах вращающейся печи в процессе обжига сырьевого шлама и получении клинкера	174
Задача 54. Выявление утечек в замкнутом контуре охлаждающей воды в доменной печи	174
Задача 55. Контроль температуры подвижной печи	175
Задача 56. Измерение расхода сжатого воздуха в условиях высоких электромагнитных помех	175
Задача 57. Измерение температуры поверхности вращающейся печи на предприятии по производству целлюлозно-бумажной продукции	176
Задача 58. Контроль температуры уходящих дымовых газов на угольной теплоэлектростанции	176
Задача 59. Измерение расхода насыщенного пара с температурой 185° С при температуре окружающей среды -29° С на крупном заводе по производству силикона	177
Задача 60. Интеллектуальные беспроводные устройства от Emerson предотвращают поломки и производственные потери на вращающемся реакторе	178
Задача 61. Измерение температуры обмоток мельницы с безредукторным двигателем. Беспроводные решения от Emerson помогают избежать отключений вращающегося роторного двигателя	178
Задача 62. Временный мониторинг состояния пускового устройства (стартера), расположенного во вспомогательном отсеке газовой турбины сокращает время простоев и повышает уровень безопасности операторов с помощью беспроводных датчиков вибрации от Emerson	179
3.3 Контрольные вопросы (1 – 33) по теме и ответы на них	180
ГЛАВА 4. БЕСПРОВОДНАЯ СВЯЗЬ PLICSRADIO. ПРИМЕРЫ	184
4.1. Введение	184
4.2. Устройства беспроводной связи PLICSRADIO (обзор)	185
4.3. Принцип действия устройств PLICSRADIO	186
4.3.1. Моноканальная радиосвязь между датчиком HART и системой управления	187
4.3.2. Многоканальная радиосвязь между датчиком HART и системой управления	188
4.4. Задачи для разных ситуаций	190

4.4.1. Передача сигнала через препятствия: улицы и железные дороги; реки и каналы; ограды и стены; возвышенности и низины; здания и технологические сооружения	190
4.4.2. Расширение технологических установок или систем управления без прерывания производственного процесса	191
4.4.3. Передвижные системы и подвижные емкости	191
4.4.4. Индикация уровня в высокой ёмкости через беспроводную связь	192
4.4.5. Надежная удаленная передача данных	193
4.4.6. САР температуры целевого продукта на выходе из теплообменника T1 (использование беспроводной передачи информации) – 4 этап. Пример	193
ГЛАВА 5. МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ ДАТЧИКИ	197
5.1. Многопараметрические приборы Компании Emerson	197
5.1.1. Многопараметрический преобразователь Rosemount®3051S MultiVariable™	197
5.1.2. Многопараметрический массовый расходомер <i>MultiVariable</i> ™ модели 3095	199
5.1.3. Радарные уровнемеры Rosemount 3300, 5300 и 5400	200
5.1.4. Массовые кориолисовые расходомеры и плотномеры Micro Motion. Принцип действия кориолисовых расходомеров и плотномеров	201
5.1.5. Вихревой многопараметрический расходомер модели 8800 MultiVariable™	204
5.1.6. Электромагнитные расходомеры Rosemount 8700	205
5.2. Массовый вихревой многопараметрический расходомер – счетчик Pro-V™ серии M23	206
5.3. Многопараметрический вихревой расходомер DVH от компании KOBOLD Messring GmbH	210
5.4. Многопараметрический датчик EJX910A	211
5.5. Датчик массового расхода с поддержкой шины FOUNDATION Fieldbus	212
5.6. ГИГРОТЕРМОН – многопараметрический измерительный прибор	212
ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Перспективы развития беспроводной технологии.	216
Технология Smart Dust	
ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ	218
ЛИТЕРАТУРА	233

Ответственный за выпуск доц. В. В. Кузьмин

Подписано в печать 28.01.2016
Бумага офсетная
30,0 уч.-изд.л.

Печать Riso.
Тираж 100 экз.

Формат 60×84 1/16
27,9 усл. печ. л.
Заказ «С»

Издательство Казанского национального исследовательского
технологического университета

Офсетная лаборатория Казанского национального
исследовательского технологического университета

420015, Казань, К. Маркса, 68