

С.О. Новиков Ю.Н. Петренко

# **ПРОГРАММНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ КОМПЛЕКСАМИ**

Для студентов  
учреждений высшего образования

С.О. Новиков Ю.Н. Петренко

---

# **ПРОГРАММНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ КОМПЛЕКСАМИ**

Допущено

Министерством образования Республики Беларусь  
в качестве учебного пособия для студентов  
учреждений высшего образования по специальности  
«Автоматизация технологических процессов  
и производств (по направлениям)»

Под редакцией С.О. Новикова



Минск  
«Вышэйшая школа»  
2019

**Новиков, С. О.** Программное управление технологическими комплексами : учебное пособие / С. О. Новиков, Ю. Н. Петренко ; под ред. С. О. Новикова. — Минск : Вышэйшая школа, 2019. — 365 с. : ил. — Библиогр. : с. 359—361.

УДК 681.51:004.42(075.8)

ББК 32

**Чит. зал №1 — 1 экз.**

Приводятся сведения о порядке разработки систем автоматизации и управления технологическими комплексами применительно к объектам промышленного назначения. Рассматривается реализация проектов систем управления технологических комплексов на основе ПЛК. Описаны языки программирования ПЛК: RKC, LAD, FBD, STL, SCL, Grafset, SFC, CFC.

Представлены промышленные компьютерные сети, объединяющие ПЛК, интеллектуальные датчики и исполнительные устройства, а также реализация управления в реальном времени.

Изложены приемы и правила работы в системе программирования CoDeSys.

Для студентов учреждений высшего образования по специальности «Автоматизация технологических процессов и производств». Будет полезно специалистам, занимающимся разработкой дискретных систем управления технологических комплексов.

## Оглавление

Список основных сокращений .....	3
Предисловие .....	5
Введение .....	8
<b>Глава 1. Проектирование систем автоматизации .....</b>	<b>15</b>
1.1. ПЛК как универсальное средство автоматизации .....	15
1.2. Порядок синтеза систем автоматизации .....	18
<i>Контрольные вопросы и задания</i> .....	20
<b>Глава 2. Цикловое программное управление технологическими комплексами .....</b>	<b>20</b>
2.1. Функциональный состав цикловых систем программного управления .....	20
2.2. Способы формализации работы технологического оборудования .....	23
2.2.1. Таблицы истинности .....	25
2.2.2. Таблицы состояний .....	27
2.2.3. Циклограммы .....	28
2.2.4. Граф-схемы алгоритмов .....	32
2.2.5. Блок-схемы алгоритмов .....	33
<i>Контрольные вопросы и задания</i> .....	34
<b>Глава 3. Программное обеспечение ПЛК .....</b>	<b>34</b>
3.1. Обзор языков программирования .....	34
3.2. Язык РКС .....	44
<i>Контрольные вопросы и задания</i> .....	50
<b>Глава 4. Расширение функциональных возможностей языка РКС: LAD и FBD .....</b>	<b>50</b>
4.1. Операции бинарной логики .....	50

4.1.1. Последовательные и параллельные схемы в LAD .....	50
4.1.2. Операции бинарной логики в FBD .....	56
4.1.3. Программирование с учетом состояния контактов датчиков .....	62
4.2. Функции для работы с памятью .....	64
4.2.1. Катушки (элемент присваивания результата) в LAD .....	64
4.2.2. Блочные элементы в FBD .....	70
4.2.3. Коннекторы .....	76
4.2.4. Оценка фронта импульса .....	79
4.3. Функции передачи .....	83
4.4. Таймеры .....	87
4.4.1. Программирование таймера .....	88
4.4.2. Запуск таймера .....	90
4.5. Счетчики .....	94
4.5.1. Программирование счетчика .....	94
4.5.2. Операции со счетчиком .....	97
4.6. Функции сравнения .....	101
Контрольные вопросы и задания .....	105
<b>Глава 5. Языки программирования STL и SCL .....</b>	<b>111</b>
5.1. Базовые функции языка STL .....	111
5.1.1. Двоичные логические операции .....	111
5.1.2. Операции с памятью .....	123
5.1.3. Функции таймеров .....	128
5.1.4. Функции счетчиков .....	139
5.2. Операторы управления в языке SCL .....	144
Контрольные вопросы и задания .....	150
<b>Глава 6. Язык S7-Graph .....</b>	<b>150</b>
Контрольные вопросы и задания .....	157
<b>Глава 7. Автоматизация производства на основе промышленных сетей ПЛК .....</b>	<b>157</b>
7.1. Промышленная сеть Profinet .....	157
7.2. Распределенная автоматизация .....	167
7.3. Коммуникации в Profinet .....	171
7.4. Инсталляция сети .....	176
7.5. Топологии сетей .....	177
7.6. Технология Profinet: кабели, розетки, коннекторы и коммутаторы .....	180
7.7. Интеграция с IT (Internet Technologies) .....	182
7.8. Интеграция систем полевых шин .....	185
Контрольные вопросы и задания .....	189

<b>Глава 8. Проектирование дискретной системы управления силовым столом. Общая компоновка станка для многопозиционной обработки</b>	189
8.1. Циклограмма работы силового стола	190
8.2. Таблица функциональных назначений	192
8.3. Управляющая программа в символах РКС	194
8.4. Схема подключения входов и выходов	196
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	201
<b>Глава 9. CoDeSys – система программирования ПЛК в стандарте МЭК 61131-3</b>	201
9.1. Запуск CoDeSys	201
9.2. Написание первой программы	203
9.3. Визуализация	211
9.4. Контроль качества выполненных работ	213
<i>Контрольное задание</i>	216
<b>Глава 10. Данные и переменные в CoDeSys</b>	216
10.1. Типы данных	216
10.2. Элементарные типы данных	217
10.2.1. Целочисленные типы	217
10.2.2. Логический тип	219
10.2.3. Действительные типы	220
10.2.4. Интервал времени	220
10.2.5. Время суток и дата	221
10.2.6. Строки	222
10.2.7. Иерархия элементарных типов	223
10.3. Пользовательские типы данных	223
10.3.1. Массивы	223
10.3.2. Структуры	225
10.3.3. Перечисления	227
10.3.4. Ограничение диапазона	228
10.3.5. Псевдонимы типов	228
10.4. Переменные	230
10.4.1. Идентификаторы	230
10.4.2. Распределение памяти переменных	230
10.4.3. Прямая адресация	232
10.4.4. Поразрядная адресация	234
10.4.5. Преобразование типов	235
10.4.6. Особенности вычислений	236
10.4.7. Венгерская запись	240
10.4.8. Формат BCD	242

<b>Глава 11. Языки SFC и CFC стандарта МЭК 61131-3 в CoDeSys</b>	<b>243</b>
11.1. Проблема программирования ПЛК	243
11.2. ПЛК как конечный автомат	244
11.3. Сети Петри	247
11.4. SFC-диаграммы	248
11.5. Последовательные функциональные схемы SFC	250
11.5.1. Шаги	250
11.5.2. Переходы	251
11.5.3. Начальный шаг	251
11.5.4. Параллельные ветви	252
11.5.5. Альтернативные ветви	253
11.5.6. Переход на произвольный шаг	254
11.6. Функциональные блоки и программы SFC	255
11.6.1. Отладка и контроль исполнения	256
11.6.2. Пример реализации последовательного управления по времени (PRG LD, SFC)	258
11.6.3. Пример управления реверсивным приводом	259
11.7. Графический редактор CFC	265
11.7.1. Наиболее важные команды редактора CFC	265
11.7.2. CFC в режиме Online	268
11.8. Примеры реализации в CoDeSys элементов систем управления	270
11.8.1. Регулятор	270
11.8.2. Широтно-импульсный модулятор на базе таймера	277
<i>Контрольные задания.</i>	280

<b>Глава 12. Имитационные и управляющие модели систем управления электроприводами</b>	<b>281</b>
12.1. Имитационная модель управления шаговым двигателем	281
12.1.1. Описание шагового двигателя	281
12.1.2. Построение программных моделей	291
12.1.3. Результаты работы программы	299
12.1.4. Руководство по эксплуатации	301
12.1.5. Практический пример системы управления шаговым двигателем на основе микроконтроллера семейства AVR	303
12.2. Обзор возможностей системы CoDeSys 3.0	306
12.2.1. Система расширения реального времени	306
12.2.2. Работа с файлами в системе CoDeSys 3.0	308
12.2.3. Объектно-ориентированные расширения МЭК 61131-3	308
12.3. Имитационная модель управления ДПТ	315
12.3.1. Основные формулы, используемые при управлении ДПТ	315

12.3.2. Система управления ДПТ с ПИД-регулятором .....	316
12.3.3. Подключение силового ключа к выходу ШИМ .....	318
12.3.4. Реализация и анализ системы управления ДПТ .....	319
<b>Глава 13. Автоматизация работы оборудования энергосистемы на основе ПЛК .....</b>	<b>332</b>
13.1. Автоматическое повторное включение оборудования .....	333
13.2. Электрическое АПВ однократного действия .....	336
13.3. Автоматический ввод резерва .....	339
13.3.1. Основные требования к схемам АВР .....	339
13.3.2. Принцип действия АВР .....	341
13.4. Модель автоматизированной системы управления технологическим процессом подстанции в программной среде CoDeSys .....	344
<i>Контрольные задания к главам 12, 13 .....</i>	<i>348</i>
<b>Задачи и упражнения .....</b>	<b>349</b>
<b>Примеры решения задач .....</b>	<b>357</b>
<b>Литература .....</b>	<b>359</b>